

UNIVERSIDADE TÉCNICA DE LISBOA
Instituto Superior de Agronomia

A fertilização azotada em pessegueiros:
influência no estado de nutrição, produção e
susceptibilidade a *Phomopsis amygdali*

Doutoramento em Engenharia Agronómica

Maria Paula Albuquerque Figueiredo Simões

Tese apresentada neste Instituto para obtenção do
grau de Doutor em Engenharia Agronómica

Lisboa | 2008

Título: A fertilização azotada em pessegueiros: influência no estado de nutrição, produção e susceptibilidade a *Phomopsis amygdali*

Capa: Laura Moreira

Fotografias: Maria Paula Simões

Impressão: Julho 2008

Localidade: Castelo Branco

Ao Rui, Laura e Duarte, minha força de viver.

À minha mãe por ser um exemplo incomparável, quer na procura e valorização do saber, quer na conciliação entre a admirável vida profissional e a dedicação à vida familiar.

Em memória de meu pai, de quem sinto uma protecção constante, na criação das condições para a resolução dos problemas que integram e dão sentido à vida.

Decisão e obras

1. Apressa-te homem!
O perto será longe
e o longe será perto
Se amanhã for ontem
Ou amanhã for já hoje!
O tempo são obras!

2. Calma.
Torna-se necessário remover muitas pedras
antes de se poder iniciar a obra projectada.
São precisos muitos homens,
alavancas,
zorras,
persistência contra a resistência...

3. Calma?
quanto tempo perdido,
quanta solução adiada,
por minguagem de coragem?!
E se nos decidíssemos já
e assentássemos a 1ª pedra?

– À unha rapazes!
– Agarrrem-se bem!
– Eh, que vai!
– Alto, já está!

4. Do trabalho decidido de todos os dias
só poderão brotar ricas florestas!

Álvaro Duarte

Agradecimentos

No final deste trabalho gostaria de testemunhar o meu agradecimento a diversas pessoas e instituições, sem a colaboração das quais tudo seria mais difícil e demorado, talvez impossível.

À Escola Superior Agrária de Castelo Branco que permitiu a realização deste estudo, disponibilizando meios e tempo. Se os meios são essenciais para a implementação de ensaios, recolha de dados e realização de análises, o tempo é imprescindível para o delineamento, tratamento de resultados, maturação de conhecimentos e redacção do documento final.

Ao meu orientador Prof. Doutor António Mexia pela simpatia, perspicácia e capacidade de resolução de problemas que sempre demonstrou ao longo deste trabalho.

Ao meu co-orientador Prof. Doutor João Pedro Luz pela constante disponibilidade em todas as fases do trabalho, pela amizade, pelos ensinamentos, partilha de experiências, acurada revisão do trabalho final e pela exigência na procura da perfeição gráfica.

À minha co-orientadora Doutora Maria de Fátima Calouro pelo carinho que sempre pôs nas nossas reuniões sem nunca descurar o rigor, a exigência e a sugestão de novas perspectivas de abordagem dos problemas que foram surgindo no decorrer do trabalho.

Ao Prof. Doutor António St. Aubyn que, com assumida alegria no trabalho, me ajudou imenso no tratamento estatístico, permitindo uma melhor compreensão dos resultados e alargando muito os meus conhecimentos nessa área.

À Prof. Doutora Amarilis de Varennes, que gentilmente cedeu o SPAD, incentivando na procura de novos conhecimentos e na crítica ou discussão de resultados alcançados, e também pela simpatia e franqueza que incutiu aos nossos encontros.

À Prof. Leopoldina Rosa, minha grande amiga, que esteve sempre presente na minha vida docente, ouvindo, ajudando, incentivando e criticando com tal argúcia e suavidade que a minha aprendizagem ganhou sempre em eficácia.

Às alunas e alunos da Escola Superiores Agrária – Celso Lopes, Maria José Paulo, Sara Nunes, Suzana Capitia, Sandra Bolota, Marlene Vieira e Paula Martins – que através da realização dos seus estágios curriculares, trabalharam a meu lado no acompanhamento de ensaios e recolha de dados, exigindo, em cada ano, a renovação da aprendizagem das metodologias adoptadas e constante inovação no modo de ensinar.

Aos alunos Pedro Cardoso, Catarina Silva e Sandra Bolota que, procurando com avidez e acuidade novos conhecimentos e competências, nunca se furtaram a novos trabalhos e desafios, valorizando a exigência necessária, quer na realização das tarefas quer no que respeita ao cumprimento de prazos, resultando em elevada satisfação e prazer no desempenho da docência.

À Paivi Kova, aluna da Oulu University of Applied Sciences – School of Renewable Natural Resources (Finlândia), que realizou comigo um estágio de três meses ao abrigo do programa LLP-Erasmus, durante o período de máxima actividade de campo e laboratório, pela dedicação, perfeição e rigor com que desempenhou as múltiplas tarefas para as quais foi solicitada, independentemente do horário.

À Natália Roque, que colaborou de forma activa e interessada na construção das imagens baseadas em Sistema de Informação Geográfica.

Ao Doutor Pedro Jordão, líder do projecto Agro 452, com quem muito aprendi em termos de gestão e organização do trabalho de uma equipa ampla e diversificada, tendo sempre uma palavra de incentivo para a prossecução de novas linhas de trabalho e estando sempre presente quando necessário.

Às Organizações de Agricultores – APPIZÊZERE, AAPIM, Cooperativa Agrícola dos Fruticultores da Cova da Beira – pela disponibilização de informação sobre os pomares de pessegueiros da região da Beira Interior, e em especial à Eng.^a Anabela Barateiro, da APPIZÊZERE, pela disponibilidade e ajuda preciosa na selecção dos dez pomares da cv. Rich Lady e pela prontidão com que sempre respondeu a todas as solicitações.

Aos agricultores dos dez pomares da cv. Rich Lady – Alberto Mendes, Almério Oliveira, Amândio Amaro, Armando Baltazar, Fernando Salvado, Francisco Chasqueira, Francisco Lopes, Joaquim Duarte, Luís Mendes (Dr.) e Miguel Amaral (Dr.) – com os quais muito aprendi e a quem procurei transmitir os conhecimentos que mais contribuíssem para a melhoria da sua actividade. Gostaria ainda de expressar o meu reconhecimento especial aos Srs. Francisco Alberto e Francisco Chasqueira, a quem admiro pela avidez e procura constante de novos conhecimentos, colocando dúvidas e identificando problemas com necessidade de novas soluções, e que sempre se disponibilizaram para a participação em trabalhos experimentais.

Ao Rui, meu parceiro de vida que, com a grande objectividade e capacidade de trabalho que lhe é característica, conseguiu sempre perceber quando a sua ajuda se tornava

essencial, construindo estruturas de apoio, socorrendo em problemas informáticos e apoiando-me incondicional e emocionalmente.

Aos meus filhos, Laura e Duarte, que tantas vezes se constituíram como parceiros de trabalho, em especial no acompanhamento do ensaio em vasos, de 2005 a 2007, ajudando no estabelecimento das plantas, na fertilização, contagens, registos, regas diárias (quantas vezes nocturnas), fotografias mensais e introdução informática de dados, descomprimindo o rigor do trabalho com a sua alegria juvenil.

Às minhas irmãs, sobrinhos, sogros e cunhados pela ajuda, paciência e amizade que indelevelmente contribuíram também para a realização deste trabalho.

À minha mãe que tão bem sabe ouvir, aconselhar, e que, apesar de intensa vida própria, está sempre disponível para ajudar, quer como parceira, professora ou avó, quer simples e abrangentemente mãe.

Resumo

O pessegueiro, na região da Beira Interior, representa 25% da área total da cultura em Portugal, estando 64% dos pomares localizados em cambissolos dístricos e 30% em fluvisolos dístricos, com uma dimensão média de 7,6 ha por agricultor.

Através de um ensaio em vasos e de um ensaio de campo estudou-se a influência da fertilização azotada no pessegueiro, designadamente, no estado de nutrição, vigor, produção, qualidade dos frutos, susceptibilidade a *Phomopsis amygdali* e presença de *Anarsia lineatella*, escolitídeos e afídeos.

A fertilização azotada influenciou o estado de nutrição e o desenvolvimento vegetativo, mas, no ensaio de campo, não se observou influência significativa na produção total (19 a 30 t ha⁻¹), comercializável (16 a 28 t ha⁻¹) e no calibre dos frutos.

Através da Análise de Correspondências Múltiplas demonstrou-se que a susceptibilidade ao cancro foi influenciada pela precipitação e pelo teor foliar de azoto observando-se maior susceptibilidade das plantas sujeitas a maior fertilização azotada em condições de precipitação elevada, mas o efeito do azoto não foi tão elevado em condições de baixa precipitação.

Em pomares comerciais da cv. Rich Lady verificou-se uma associação elevada entre a susceptibilidade ao cancro, a idade das plantas e o teor foliar de azoto, observando-se níveis altos de incidência de cancro associados a pomares mais velhos e teor de azoto foliar elevado, não sendo tão marcado o efeito do azoto quando as plantas são jovens.

Palavras-chave: *Prunus persica*, azoto, *Phomopsis amygdali*, estado de nutrição, região da Beira Interior, Produção Integrada.

Title: Nitrogen fertilisation on peach trees: effect on nutritional status, yield and susceptibility to *Phomopsis amygdali*

Abstract

The area of peach trees, in Beira Interior region, covers 25% of the Portuguese total area of peach trees, being 64% of the orchards located in distric cambisols and 30% in distric fluvisols, with an average size of 7.6 ha per grower.

In potted plant and field trials, the effect of nitrogen fertilisation on peach tree nutritional status, vigour, yield, fruit quality, susceptibility to *Phomopsis amygdali*, and presence of insects like *Anarsia lineatella*, scolytydae, and aphids was studied.

The nitrogen fertilisation showed effects on the nutritional status and vegetative growth, but in the field trial there were no significant effects on total yield (19 to 30 t ha^{-1}), commercial yield (16 to 28 t ha^{-1}), and fruit size.

The Multiple Correspondence Analysis allowed us to identify that susceptibility to peach constriction canker was changed by rainfall and leaf nitrogen content, showing higher susceptibility the plants with higher nitrogen fertilisation in high rainfall conditions, but the nitrogen effect was not so striking in low rainfall conditions.

In Rich Lady peach commercial orchards, there was a close association between canker susceptibility, plant age, and leaf nitrogen contents; high levels of canker incidence associated with older orchards and high leaf nitrogen content were detected; the nitrogen effect was not so evident when plants were younger.

Keywords: *Prunus persica*, nitrogen, *Phomopsis amygdali*, nutritional status, Beira Interior region, Integrated Production.

Abreviaturas

AAPIM – Associação de Agricultores para a Produção Integrada de Frutos de Montanha

APPIZÊZERE – Associação de Protecção e Produção Integrada do Zêzere

DAPF – Dias Após Plena Floração

DGADR – Direcção-Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural

DRABI – Direcção Regional de Agricultura da Beira Interior

ESACB – Escola Superior Agrária de Castelo Branco

ESAn – ensaio de fertilização azotada no pomar de pessegueiros da ESACB

Evasos – ensaio de fertilização azotada com plantas em vasos

IR – Índice Refractométrico

LQARS – Laboratório Químico Agrícola Rebelo da Silva

MADRP – Ministério da Agricultura, Desenvolvimento Rural e das Pescas

OA – Organização de Agricultores

PNM – Precipitação total no período de Novembro a Março

TNM – Temperatura média do período de Novembro a Março

UA – Unidade de Amostragem

Índice

Agradecimentos	i
Resumo	iv
Abstract	v
Abreviaturas.....	vi
Índice.....	vii
Índice de Quadros	x
Índice de Figuras.....	xv
1. Introdução.....	1
2. O azoto	5
3. <i>Phomopsis amygdali</i>.....	14
4. A cultura do pessegueiro na região da Beira Interior.....	20
4.1. Introdução.....	20
4.2. Material e metodologia.....	21
4.3. Resultados e discussão	22
4.3.1. Área de pessegueiros por Organização de Agricultores.....	22
4.3.2. Localização dos pomares de pessegueiros na Beira Interior	23
4.3.3. Idade dos agricultores e área de pessegueiros.....	27
4.3.4. Caracterização das plantas	30
4.3.5. Património edáfico da cultura do pessegueiro na região da Beira Interior.....	33
4.3.5.1. Textura.....	34
4.3.5.2. Matéria orgânica e pH	34
4.3.5.3. Fósforo, potássio e magnésio extraíveis.....	42
4.3.5.4. Complexo de troca catiónica	44
4.4. Conclusões.....	47
5. Avaliação do impacte de <i>Phomopsis amygdali</i> na região da Beira Interior.	
Caracterização do estado de nutrição na cv. Rich Lady	48
5.1. Introdução.....	48
5.2. Material e metodologia.....	48
5.2.1. Temperatura e precipitação no período 2004-2007	49
5.2.2. Caracterização das unidades de amostragem	52
5.2.3. Metodologia	58
5.2.4. Análise estatística	62
5.3. Resultados e discussão	63
5.3.1. Incidência de <i>Phomopsis amygdali</i>	63
5.3.2. Estado de nutrição de pomares da cv. Rich Lady no período 2005-2007.....	68
5.3.2.1. Azoto.....	68

5.3.2.2. Fósforo	69
5.3.2.3. Potássio.....	71
5.3.2.4. Cálcio	72
5.3.2.5. Magnésio	73
5.3.2.6. Ferro.....	75
5.3.2.7. Cobre	77
5.3.2.8. Zinco.....	78
5.3.2.9. Manganês.....	80
5.3.3. Condições associadas à susceptibilidade a <i>Phomopsis amygdali</i>	81
5.4. Conclusões.....	87
6. Avaliação da influência de diferentes níveis de fertilização azotada na susceptibilidade de pessegueiros a <i>Phomopsis amygdali</i> – ensaio em vasos.	89
6.1. Introdução.....	89
6.2. Material e metodologia.....	90
6.2.1. Fertilização durante o ciclo vegetativo de 2003	92
6.2.2. Fertilização durante o ciclo vegetativo de 2004	93
6.2.3. Fertilização durante o ciclo vegetativo de 2005	94
6.2.4. Fertilização durante o ciclo vegetativo de 2006	95
6.2.5. Inoculação com <i>Phomopsis amygdali</i>	95
6.2.6. Avaliação da susceptibilidade a <i>Phomopsis amygdali</i>	96
6.2.7. Observação dos estados fenológicos	97
6.2.8. Desenvolvimento vegetativo.....	98
6.2.9. Ângulo de inserção dos ramos.....	98
6.2.10. Área foliar e enrolamento da folha	99
6.2.11. Estado de nutrição.....	99
6.2.12. Produção e qualidade dos frutos	100
6.2.13. Avaliação da susceptibilidade a <i>Anarsia lineatella</i>	101
6.2.14. Avaliação da susceptibilidade a afídeos	101
6.2.15. Avaliação da susceptibilidade a escolítídeos	102
6.2.16. Análise estatística	102
6.3. Resultados e discussão	104
6.3.1. Estado de nutrição das plantas no ensaio em vasos	104
6.3.2. Susceptibilidade a <i>Phomopsis amygdali</i>	117
6.3.3. Susceptibilidade a afídeos	128
6.3.4. Susceptibilidade a <i>Anarsia lineatella</i>	132
6.3.5. Susceptibilidade a escolítídeos	136
6.3.6. Desenvolvimento vegetativo.....	141
6.3.7. Estados fenológicos no ensaio em vasos	150
6.3.8. Produção e qualidade dos frutos	153
6.4. Conclusões.....	159

7. Avaliação da susceptibilidade a <i>Phomopsis amygdali</i>, de pessegueiros sujeitos a diferentes níveis de fertilização azotada, num pomar em produção – ensaio de campo	163
7.1. Introdução.....	163
7.2. Material e metodologia.....	164
7.2.1. Pomar de pessegueiros da Escola Superior Agrária de Castelo Branco	164
7.2.2. Delineamento do ensaio de fertilização azotada	164
7.2.3. Inoculação com <i>Phomopsis amygdali</i>	165
7.2.4. Avaliação da susceptibilidade a <i>Phomopsis amygdali</i>	166
7.2.5. Avaliação do estado de nutrição	166
7.2.6. Avaliação da produção e da qualidade dos frutos	167
7.2.7. Análise estatística	170
7.3. Resultados e discussão	172
7.3.1. Estado de nutrição das plantas no ensaio de campo	172
7.3.2. Susceptibilidade a <i>Phomopsis amygdali</i> , no ensaio de campo	187
7.3.3. Efeito da fertilização azotada no vigor das plantas.....	197
7.3.4. Estados fenológicos no ensaio de campo.....	202
7.3.5. Área foliar, comprimento e enrolamento das folhas, no ensaio de campo.....	206
7.3.6. Valor de SPAD e estado de nutrição	207
7.3.7. Efeito da fertilização azotada na produção, no ensaio de campo.....	214
7.3.8. Efeito da fertilização azotada na qualidade dos frutos, no ensaio de campo....	221
7.3.8.1. Efeito da fertilização azotada no calibre dos frutos	222
7.3.8.2. Efeito da fertilização azotada na dureza, índice refractométrico e acidez dos frutos, no ensaio de campo	225
7.3.8.3. Efeito da fertilização azotada na cor dos frutos, no ensaio de campo	232
7.3.8.4. Causas de refugo.....	235
7.4. Conclusão	240
8. Conclusões finais	244
Referências bibliográficas	2511
Anexo 1. Metadados	266
Anexo 2. Esquemas dos ensaios.....	267
Anexo 3. Cor dos frutos, no ensaio de campo, nos ciclos de 2005, 2006 e 2007.....	2722

Índice de Quadros

Quadro 4.1. Organizações de Agricultores reconhecidas para a prática da Protecção Integrada e da Produção Integrada na região da Beira Interior (adaptado de Amaro, 2005)....	21
Quadro 4.2. Caracterização da área de pessegueiros por Organização de Agricultores.....	23
Quadro 5.1. Temperatura e precipitação no período de Novembro de 2004 a Outubro de 2005, em cinco estações meteorológicas na região da Beira Interior.	50
Quadro 5.2. Temperatura e precipitação no período de Novembro de 2005 a Outubro de 2006, em cinco estações meteorológicas na região da Beira Interior.	51
Quadro 5.3. Temperatura e precipitação no período de Novembro de 2006 a Outubro de 2007, em cinco estações meteorológicas na região da Beira Interior.	52
Quadro 5.4. Localização dos pomares (unidades de amostragem – UA) de pessegueiros cv. Rich Lady.....	53
Quadro 5.5. Área, idade, densidade e tipo de rega das unidades de amostragem.	55
Quadro 5.6. Textura, teor de matéria orgânica e pH do solo, às profundidades 0-20 cm e 20-50 cm, das unidades de amostragem, em Fevereiro 2005.	57
Quadro 5.7. Fósforo e potássio extraível às profundidades 0-20 cm e 20-50 cm, das unidades de amostragem, em Fevereiro 2005.	57
Quadro 5.8. Definição dos níveis de cada variável (factores).....	63
Quadro 5.9. Número e percentagem de ramos com cancro por unidade de amostragem e ciclo vegetativo.	64
Quadro 5.10. Número e percentagem de unidades de amostragem com ramos com cancro. ..	64
Quadro 5.11. Incidência de <i>Phomopsis amygdali</i> por UA e ciclo vegetativo.....	66
Quadro 5.12. Redução de produção por incidência de <i>Phomopsis amygdali</i>	67
Quadro 5.13. Teor foliar de azoto (%) nos ciclos vegetativos 2005, 2006 e 2007.....	68
Quadro 5.14. Teor foliar de fósforo (%) nos ciclos vegetativos 2005, 2006 e 2007.	70
Quadro 5.15. Teor foliar de potássio (%) nos ciclos vegetativos 2005, 2006 e 2007.....	71
Quadro 5.16. Teor foliar de cálcio (%) nos ciclos vegetativos 2005, 2006 e 2007.	72
Quadro 5.17. Teor foliar de magnésio (%) nos ciclos vegetativos 2005, 2006 e 2007.....	74
Quadro 5.18. Teor foliar de ferro (mg·kg ⁻¹) nos ciclos vegetativos 2005, 2006 e 2007.....	76
Quadro 5.19. Teor foliar de cobre (mg·kg ⁻¹) nos ciclos vegetativos 2005, 2006 e 2007.....	77
Quadro 5.20. Teor foliar de zinco (mg·kg ⁻¹) nos ciclos vegetativos 2005, 2006 e 2007.....	79
Quadro 5.21. Teor foliar de manganês (mg·kg ⁻¹) nos ciclos vegetativos 2005, 2006 e 2007.....	80
Quadro 5.22. Valor próprio e percentagem da variância explicada pelos eixos factoriais da Análise de Correspondências Múltiplas.	82
Quadro 5.23. Disposição no primeiro e segundo eixo factorial, dos níveis de cancro, idade da planta, azoto e PNM.	84
Quadro 5.24. Disposição no terceiro e quarto eixo factorial dos níveis de cancro, idade da planta, azoto e PNM.	85

Quadro 6.1. Definição dos níveis de cada variável (factores), no ensaio Evasos.....	104
Quadro 6.2. Estado de nutrição em macronutrientes (%), em 10 de Agosto de 2003.....	104
Quadro 6.3. Estado de nutrição em micronutrientes (mg·kg ⁻¹), em 10 de Agosto de 2003.....	105
Quadro 6.4. Estado de nutrição em macronutrientes (%), em 12 de Junho de 2004.....	106
Quadro 6.5. Estado de nutrição em micronutrientes (mg·kg ⁻¹), em 12 de Junho de 2004.....	106
Quadro 6.6. Estado de nutrição em macronutrientes (%), em 15 de Junho de 2005.....	108
Quadro 6.7. Estado de nutrição em micronutrientes (mg·kg ⁻¹), em 15 de Junho de 2005.....	108
Quadro 6.8. Estado de nutrição em macronutrientes (%), em 11 de Junho de 2006.....	109
Quadro 6.9. Estado de nutrição em micronutrientes (mg·kg ⁻¹), em 11 de Junho de 2006.....	110
Quadro 6.10. Valor próprio, percentagem de variância e coeficientes das funções discriminantes obtidas pela Análise Discriminante.....	113
Quadro 6.11. Resultados da classificação obtida pelas funções classificatórias utilizadas, no Evasos.....	113
Quadro 6.12. Correlações entre nutrientes, extraídas da Análise de Componentes Principais.....	115
Quadro 6.13. Coordenadas e cos ² dos nutrientes nas quatro componentes principais extraídas da Análise de Componentes Principais.....	116
Quadro 6.14. Comprimento médio do cancro (mm) nos ciclos 2003 a 2006, no ensaio em vasos.....	118
Quadro 6.15. Coordenadas e cos ² do cancro (mm) nas quatro componentes principais extraídas da Análise de Componentes Principais.....	120
Quadro 6.16. Correlações entre cancro e nutrientes, extraídas da Análise de Componentes Principais.....	121
Quadro 6.17. Valor próprio e percentagem da variância explicada pelos eixos factoriais da Análise de Correspondências Múltiplas.....	123
Quadro 6.18. Disposição no primeiro e segundo eixo factorial dos níveis de cancro, azoto, TNM e PNM.....	125
Quadro 6.19. Ocorrência de <i>Brachycaudus schwartzi</i> (n.º de lançamentos com afídeos/planta).....	129
Quadro 6.20. Correlações entre nutrientes e a presença de <i>Brachycaudus. schwartzi</i> , como variável suplementar, considerando 2004, 2005 e 2006.....	130
Quadro 6.21. Susceptibilidade a <i>Anarsia lineatella</i> (n.º de ramos-planta ⁻¹).....	133
Quadro 6.22. Correlações entre os nutrientes e a presença de anársia, como variável suplementar, considerando 2004, 2005 e 2006.....	134
Quadro 6.23. Coordenadas e cos ² da variável anársia (ramos-planta ⁻¹) nas quatro componentes extraídas da Análise de Componentes Principais referente ao estado de nutrição.....	135
Quadro 6.24. Severidade do ataque de escolítídeos no ensaio em vasos, em 2006.....	138
Quadro 6.25. Correlações entre nutrientes, extraídas da Análise de Componentes Principais (ciclo 2006), com a presença de escolítídeos como variável suplementar.....	139
Quadro 6.26. Desenvolvimento vegetativo em 2003.....	141
Quadro 6.27. Desenvolvimento vegetativo em 2005.....	142

Quadro 6.28. Desenvolvimento vegetativo em 2006.....	143
Quadro 6.29. Área foliar média por folha (cm ²).....	146
Quadro 6.30. Área foliar por planta (cm ²).....	147
Quadro 6.31. Comprimento médio e enrolamento da folha, em Agosto de 2005.....	148
Quadro 6.32. Produção em 2004, no ensaio em vasos.....	153
Quadro 6.33. Produção em 2006, no ensaio em vasos.....	154
Quadro 6.34. Produção (gplanta ⁻¹) <i>vs</i> nutrição, no ensaio em vasos (ciclos de 2004 e de 2006)...	155
Quadro 6.35. Qualidade dos frutos em 2004, no ensaio em vasos.....	155
Quadro 6.36. Qualidade dos frutos em 2006, no ensaio em vasos.....	157
Quadro 7.1. Repartição da fertilização ao longo do ciclo.....	165
Quadro 7.2. Teor de matéria orgânica, pH e teores de fósforo e de potássio extraíveis, em Fevereiro 2005.....	165
Quadro 7.3. Definição dos níveis de cada variável (factores).....	172
Quadro 7.4. Composição mineral das folhas em macronutrientes (%), no ensaio de campo, em Junho de 2005.....	173
Quadro 7.5. Composição mineral das folhas em micronutrientes (mgkg ⁻¹), no ensaio de campo, em Junho de 2005.....	173
Quadro 7.6. Composição mineral das folhas em macronutrientes (%), no ensaio de campo, em Junho de 2006.....	174
Quadro 7.7. Composição mineral das folhas em micronutrientes (mgkg ⁻¹), no ensaio de campo, em Junho de 2006.....	175
Quadro 7.8. Composição mineral das folhas em macronutrientes (%), no ensaio de campo, em Junho de 2007.....	176
Quadro 7.9. Composição mineral das folhas em micronutrientes (mgkg ⁻¹), no ensaio de campo, em Junho de 2007.....	177
Quadro 7.10. Valores próprios, percentagem de variância e coeficientes de correlação dos nutrientes nas três funções discriminantes obtidas pela análise discriminante, em ESAn.....	180
Quadro 7.11. Resultados da classificação obtida pelas funções classificatórias utilizadas.....	180
Quadro 7.12. Correlações entre nutrientes, extraídas da Análise de Componentes Principais, no ESAn, referente a 2005.....	182
Quadro 7.13. Correlações entre nutrientes, extraídas da Análise de Componentes Principais, no ESAn, referente a 2006.....	183
Quadro 7.14. Correlações entre nutrientes, extraídas da Análise de Componentes Principais, no ESAn, referente a 2007.....	183
Quadro 7.15. Coordenadas e cos ² dos nutrientes nas duas componentes principais extraídas da ACP, no ciclo 2005.....	184
Quadro 7.16. Coordenadas e cos ² dos nutrientes nas duas componentes principais extraídas da ACP, no ciclo 2006.....	185

Quadro 7.17. Coordenadas e \cos^2 dos nutrientes nas duas componentes principais extraídas da ACP, no ciclo 2007.....	185
Quadro 7.18. Comprimento médio do cancro (mm) nos ciclos 2005 a 2007, no ensaio de campo.....	188
Quadro 7.19. Correlações entre cancro e nutrientes, extraídas da Análise de Componentes Principais.	190
Quadro 7.20. Coordenadas e \cos^2 da variável cancro nas duas componentes da Análise de Componentes Principais.	191
Quadro 7.21. Valor próprio e percentagem da variância explicada pelos eixos factoriais da Análise de Correspondências Múltiplas, no ensaio de campo, considerando as variáveis cancro, precipitação e azoto foliar.....	193
Quadro 7.22. Disposição no primeiro e no segundo eixo factorial dos níveis de cancro, precipitação e azoto foliar.....	194
Quadro 7.23. Influência da fertilização azotada no vigor das plantas no ensaio de campo – área de secção de tronco (cm^2) a 25 cm do solo.....	198
Quadro 7.24. Correlações entre acréscimo de vigor e nutrientes, extraídas da Análise de Componentes Principais.	200
Quadro 7.25. Coordenadas e \cos^2 da variável acréscimo de vigor nas duas componentes da Análise de Componentes Principais.....	201
Quadro 7.26. Área foliar (cm^2), comprimento (cm) e enrolamento das folhas (c/d) ⁽¹⁾ , no ensaio de campo.	207
Quadro 7.27. Valor médio de SPAD, no ciclo de 2006.	208
Quadro 7.28. Valor médio de SPAD, no ciclo de 2007.	209
Quadro 7.29. Equações de regressão entre nutriente e valor de SPAD, em pessegueiros da cv. Rich Lady, no ESAn, em Junho de 2006.....	210
Quadro 7.30. Equações de regressão entre nutriente e valor de SPAD, em pessegueiros da cv. Rich Lady, no ESAn, em Junho de 2007.....	210
Quadro 7.31. Equações de regressão entre nutriente e valor de SPAD, em pessegueiros da cv. Rich Lady, no ESAn, em Junho, considerando globalmente os dados dos ciclos 2006 e 2007.	212
Quadro 7.32. Determinação do teor de azoto foliar através da equação de regressão entre SPAD e teor de azoto foliar para a cv. Rich Lady.	213
Quadro 7.33. Determinação do teor de magnésio foliar através da equação de regressão entre SPAD e teor de azoto foliar para a cv. Rich Lady.	213
Quadro 7.34. Produção de pêssigo no ciclo 2005 ($\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$), no ensaio de campo.	214
Quadro 7.35. Produção de pêssigo no ciclo 2006 ($\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$), no ensaio de campo.	216
Quadro 7.36. Produção de pêssigo no ciclo 2007 ($\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$), no ensaio de campo.	217
Quadro 7.37. Correlações entre produção total e nutrientes, extraídas da Análise de Componentes Principais.	219
Quadro 7.38. Coordenadas e \cos^2 da variável produção total nas duas componentes da Análise de Componentes Principais.	220

Quadro 7.39. Distribuição da produção pelas classes de calibre comercializáveis, no ciclo de 2005 (% produção total).....	222
Quadro 7.40. Distribuição da produção pelas classes de calibre comercializáveis, no ciclo de 2006 (% da produção total).....	223
Quadro 7.41. Distribuição da produção pelas classes de calibre comercializáveis, no ciclo de 2007 (% da produção total).....	223
Quadro 7.42. Efeito da fertilização azotada na dureza, IR e acidez dos frutos, à colheita, no ensaio de campo, em 2005.	227
Quadro 7.43. Efeito da fertilização azotada na dureza, IR e acidez dos frutos, à colheita, no ensaio de campo, em 2006.	228
Quadro 7.44. Efeito da fertilização azotada na dureza, IR e acidez dos frutos, à colheita, no ensaio de campo, em 2007.	229
Quadro 7.45. Efeito da fertilização azotada na dureza, IR e acidez dos frutos, à colheita, no ensaio de campo, considerando globalmente os três ciclos (2005, 2006 e 2007).	230
Quadro 7.46. Influência do ciclo vegetativo na dureza, IR e acidez dos frutos, à colheita, no ensaio de campo.	231
Quadro 7.47. Efeito da fertilização azotada na cor dos frutos, à data de colheita, considerando os três ciclos (2005, 2006 e 2007).....	233
Quadro 7.48. Influência do ciclo vegetativo na cor dos frutos, à colheita, no ensaio de campo.	234
Quadro 7.49. Relação entre a dureza e a cor dos frutos (considerando os ciclos de 2006 e de 2007).....	234
Quadro 7.50. Relação entre o IR e a cor dos frutos (considerando os ciclos de 2006 e de 2007).....	234
Quadro anexo 1. Efeito da fertilização azotada na cor dos frutos, no ESAn, no ciclo de 2005.	272
Quadro anexo 2. Efeito da fertilização azotada na cor dos frutos, no ESAn, no ciclo de 2006....	272
Quadro anexo 3. Efeito da fertilização azotada na cor dos frutos, no ESAn, no ciclo de 2007....	272

Índice de Figuras

Figura 3.1. Cancro desenvolvido no local da inoculação com <i>P. amygdali</i> (A), ramo morto durante o período de repouso (B); e ramo morto após o início do desenvolvimento vegetativo (C).....	17
Figura 4.1. Localização dos pomares de pessegueiros na região da Beira Interior.	24
Figura 4.2. Tipos de solo onde se localizam os pomares de pessegueiros na região da Beira Interior.	26
Figura 4.3. Idade dos agricultores.	27
Figura 4.4. Frequência da dimensão da parcela.....	28
Figura 4.5. Frequência da área de pessegueiros por agricultor.	29
Figura 4.6. Número de pomares por data de plantação (ano de plantação) e idade das plantas (anos).	31
Figura 4.7. Frequência da densidade de plantas.	32
Figura 4.8. Distribuição percentual do número de análises de terra efectuadas por ano.	34
Figura 4.9. Teor de matéria orgânica a 0-30 cm de profundidade.	35
Figura 4.10. Teor de matéria orgânica a 0-30 cm de profundidade, nos pomares a norte da Gardunha.....	36
Figura 4.11. Teor de matéria orgânica a 0-30 cm de profundidade, nos pomares a sul da Gardunha.....	37
Figura 4.12. Valor de pH (H ₂ O) do solo a 0-30 cm de profundidade.	38
Figura 4.13. Valor de pH a 0-30 cm de profundidade, nos pomares a norte da serra da Gardunha, em conjugação com a carta de pH do Atlas do Ambiente digital.	40
Figura 4.14. Valor de pH a 0-30 cm de profundidade, nos pomares a sul da serra da Gardunha, em conjugação com a carta de pH do Atlas do Ambiente digital.....	41
Figura 4.15. Valores de fósforo extraível a 0-30 cm de profundidade.....	42
Figura 4.16. Valores de potássio extraível a 0-30 cm de profundidade.	43
Figura 4.17. Valores de magnésio extraível a 0-30 cm de profundidade.	44
Figura 4.18. Capacidade de troca catiónica (CTC) a 0-30 cm de profundidade.	45
Figura 4.19. Grau de saturação e distribuição percentual das bases de troca no complexo de troca catiónica a 0-30 cm de profundidade.	46
Figura 4.20. Relação Ca/Mg no complexo de troca catiónica.....	46
Figura 5.1. Localização das unidades de amostragem de pessegueiros da cv. Rich Lady, na região da Beira Interior.....	54
Figura 5.2. Unidade de amostragem F.40; A – aspecto geral; B – forma de condução.	56
Figura 5.3. Esquema geral de marcação de unidade de amostragem. ● – árvores da unidade de amostragem; ○ – árvores do pomar.	59
Figura 5.4. Árvores constituintes da UA exibindo as marcações feitas em quatro pernas por árvore.	60

Figura 5.5. Folhas com sintomatologia de carência de magnésio recolhidas na UA G.90 em 26 de Junho de 2007. À direita: folha sem sintomas.....	75
Figura 5.6. Disposição no primeiro plano factorial dos níveis da variável cancro com os níveis da variável idade (A), níveis da variável azoto (B) e níveis da variável PNM (C)...	83
Figura 6.1. Esquema do ensaio em vasos.	91
Figura 6.2. Metodologia de inoculação.	96
Figura 6.3. Esquema do ensaio em vasos assinalando os ciclos onde pode ser observada a floração.....	97
Figura 6.4. Avaliação do ângulo de inserção dos ramos.	98
Figura 6.5. Enrolamento das folhas.	99
Figura 6.6. Esquema do ensaio em vasos assinalando os ciclos com produção de frutos (2004 e 2006).....	100
Figura 6.7. Teor de azoto foliar em resposta da fertilização diferencial em azoto, nos ciclos vegetativos 2003 a 2006, no Evasos.	111
Figura 6.8. Relação entre azoto foliar e azoto aplicado (considerando apenas os ciclos 2003, 2005 e 2006).	111
Figura 6.9. Sintomatologia de carência de azoto em plantas N0.	112
Figura 6.10. Mapa territorial e representação gráfica dos centróides de cada modalidade segundo as funções discriminantes relativas ao estado de nutrição no ensaio em vasos (Análise Discriminante <i>stepwise</i>).	114
Figura 6.11. Circulo de correlações da Análise de Componentes Principais, relativo ao estado de nutrição no ensaio em vasos. A – plano relativo às 1. ^a e 2. ^a componentes; B – plano relativo às 3. ^a e 4. ^a componentes.....	116
Figura 6.12. Cancro resultante da inoculação com <i>Phomopsis amygdali</i>	119
Figura 6.13. Média do comprimento do cancro por modalidade (considerando os ciclos 2003 a 2005).....	120
Figura 6.14. Representação gráfica das quatro componentes, da Análise de Componentes Principais, referentes ao estado de nutrição e da susceptibilidade ao cancro (considerada como variável suplementar).....	121
Figura 6.15. Disposição no primeiro plano factorial dos níveis da variável cancro com os níveis da variável PNM (A), níveis da variável TNM (B) e níveis da variável azoto (C).	124
Figura 6.16. Evolução dos cancros no ciclo 2003 e no ciclo 2004.	126
Figura 6.17. Evolução dos cancros no ciclo 2005 e no ciclo 2006.	127
Figura 6.18. Representação gráfica das duas componentes principais da Análise de Componentes Principais referentes ao estado de nutrição e incidência de <i>Brachycaudus schwartzi</i> (considerada como variável suplementar).....	130
Figura 6.19. Movimento da larva de <i>Anarsia lineatella</i> na extremidade de um ramo.	133
Figura 6.20. Representação gráfica das quatro componentes principais da Análise de Componentes Principais referentes ao estado de nutrição e incidência de anársia (considerada como variável suplementar).....	135

Figura 6.21. Folhas e lançamento em plantas N3 atacadas por escolitídeos.....	136
Figura 6.22. Tronco das plantas N3 com exsudação de goma através dos orifícios originados por escolitídeos.....	137
Figura 6.23. Representação gráfica do primeiro plano da Análise de Componentes Principais, referentes ao estado de nutrição e a presença de escolitídeos (considerada como variável suplementar) em 2006.....	140
Figura 6.24. Modelos de regressão linear simples entre crescimento total e azoto (A) e entre crescimento total e enxofre (B).....	144
Figura 6.25. Porte das plantas N0, N1, N2 e N3.....	145
Figura 6.26. Dimensão média das folhas nas diferentes modalidades, em 2006.....	146
Figura 6.27. Enrolamento da folha em função do teor de azoto, no ensaio em vasos, em 2005.	149
Figura 6.28. Evolução dos estados fenológicos no ensaio em vasos, no ciclo de 2007. Os valores assinalados correspondem à maior proporção de gomos no estado fenológico F para cada modalidade. As imagens (à esquerda) ilustram os estados fenológicos dominantes no ensaio, em cada data.	151
Figura 6.29. Comparação do desenvolvimento dos gomos florais nas diferentes modalidades no ensaio em vasos. A – Desenvolvimento dos gomos florais; B – Desenvolvimento dos gomos foliares.....	152
Figura 6.30. Representação gráfica da cor dos frutos, pelas coordenadas a e b, no ensaio em vasos, em 2004 e 2006.....	157
Figura 6.31. A – Frutos de diferentes modalidades do ensaio em vasos; B – Defeito de forma dos frutos da modalidade N0, no ensaio em vasos (Evasos) e ensaio de campo (ESAn).	159
Figura 7.1. Frutos com defeito de forma.....	168
Figura 7.2. Frutos com defeito de epiderme.....	168
Figura 7.3. Frutos com rachamento do mesocarpo (A) e do endocarpo (B).	168
Figura 7.4. Frutos impróprios para comercialização por sobrematuração.....	169
Figura 7.5. Frutos danificados por pássaros (A) e gafanhotos (B).....	169
Figura 7.6. Frutos danificados por <i>Anarsia lineatella</i>	169
Figura 7.7. Frutos danificados por afídeos (A) e por <i>Ceratitis capitata</i> (B).	170
Figura 7.8. Teor de azoto foliar em resposta à fertilização diferencial em azoto, em 2005, 2006 e 2007.	178
Figura 7.9. Teor de azoto foliar em resposta à fertilização diferencial em azoto.....	179
Figura 7.10. Mapa territorial e representação gráfica dos centróides de cada modalidade segundo as funções discriminantes relativas ao estado de nutrição – ensaio de campo (Análise Discriminante <i>stepwise</i>).....	181
Figura 7.11. Representação gráfica das duas componentes principais da Análise de Componentes Principais referentes ao estado de nutrição, no ensaio de campo, em 2005 (A), 2006 (B) e 2007 (C).....	184
Figura 7.12. Média do comprimento do cancro por modalidade (média dos três ciclos).....	189

- Figura 7.13.** Ramos mortos resultantes da inoculação com *Phomopsis amygdali*. Ramo morto durante o período de repouso invernal (A e B) e ramo morto na Primavera, após rebentação (C)..... 189
- Figura 7.14.** Representação gráfica das duas componentes principais da Análise de Componentes Principais referentes ao estado de nutrição e susceptibilidade ao cancro (considerada como variável suplementar) em 2005 (A), 2006 (B) e 2007 (C). 190
- Figura 7.15.** Disposição no primeiro plano factorial, dos níveis da variável cancro com os níveis da variável PNM (A) e níveis da variável azoto foliar (B)..... 193
- Figura 7.16.** Evolução do comprimento de cada cancro por modalidade, no ensaio de campo... 196
- Figura 7.17.** Efeito da fertilização azotada no acréscimo de vigor, no ensaio de campo. 198
- Figura 7.18.** Planta da modalidade N3 com número elevado de ramos muito vigorosos (A) e lenha retirada à poda na mesma planta (B)..... 199
- Figura 7.19.** Representação gráfica das duas componentes principais da Análise de Componentes Principais referentes ao estado de nutrição e acréscimo de vigor (considerada como variável suplementar) em 2005 (A), 2006 (B) e 2007 (C)..... 201
- Figura 7.20.** Período de plena floração e data de início e fim de colheita, da cv. Rich Lady, no ensaio de campo. – floração; – colheita..... 202
- Figura 7.22.** Flores danificadas pela geadá. A – aspecto do ramo; B – pormenor da flor no estado fenológico D, flor normal (Esq.) e flor com pistilo danificado (Dir.). 205
- Figura 7.23.** Escalonamento da colheita no ciclo 2006 (A) e ciclo 2007 (B). 206
- Figura 7.24.** Pessegueiro com forte ataque de ácaros tetraniquídeos, sendo visíveis as características teias..... 215
- Figura 7.25.** Folhas com uma cor verde acinzentado (em baixo), sintomatologia da presença de eriofídeos. 215
- Figura 7.26.** Produção comercializável por modalidade, no período 2006-2007. 218
- Figura 7.27.** Representação gráfica das duas componentes principais da ACP referentes ao estado de nutrição e produção total (considerada como variável suplementar) em 2005 (A), 2006 (B) e 2007 (C)..... 219
- Figura 7.28.** Relação entre a produção comercial e o teor de magnésio foliar, no ensaio de campo. 221
- Figura 7.29.** Relação entre índice de calibre e produção total, no ensaio de campo. 224
- Figura 7.30.** Evolução da dureza (A) e IR (B) na cv. Rich Lady, em 2005, 2006 e 2007. 226
- Figura 7.31.** Causas de refugo (% do refugo total) por modalidade, em 2006. Apenas se encontram assinalados os valores referentes à causa de refugo que apresentou diferenças significativas entre as modalidades. 236
- Figura 7.32.** Causas de refugo (% do refugo total) por modalidade, em 2007. 237
- Figura 7.33.** Relação entre a percentagem da produção total de refugo por sobrematuração com a dureza dos frutos (considerando os resultados obtidos no pomar de pessegueiros da ESA, relativos à cv. Rich Lady, em 2006). 238
- Figura 7.34.** Relação entre a percentagem da produção total de refugo por rachamento dos frutos e o teor de magnésio foliar. 240

Figura A1. Esquema do ensaio em vasos, localizado no Centro de Estudos de Fertilidade e Fertilização da Escola Superior Agrária de Castelo Branco, em 2003 e 2004.	267
Figura A2. Esquema do ensaio em vasos, localizado na Quinta Nova – Covilhã, em 2005...	268
Figura A3. Esquema do ensaio em vasos, localizado na Quinta Nova – Covilhã, em 2006...	269
Figura A4. Esquema de pomar de pessegueiros da Escola Superior Agrária de Castelo Branco.	270
Figura A5. Esquema do ensaio de fertilização azotada (ESAn) no pomar de pessegueiros da Escola Superior Agrária de Castelo Branco.	271

1. Introdução

A sobrevivência de qualquer espécie está dependente, em primeira análise, da sua alimentação. O ser humano, à medida que foi evoluindo, foi adicionando à alimentação outras necessidades que representam hoje uma fatia maior no orçamento das famílias, e que, ultrapassando a sobrevivência, se reflectem na qualidade de vida. Contudo, a qualidade de vida está amplamente relacionada com a saúde e esta intimamente associada a uma alimentação correcta e diversificada, estimando-se que 90% dos problemas de saúde humana estejam relacionados com a alimentação (Lester e Tong, 2006). Os alimentos de origem vegetal pela sua riqueza em fibras e vitaminas e, em particular os frutos, pela sua frescura e baixo valor energético (Couplan, 1998), relativamente às sobremesas de colher, têm sido ultimamente mais valorizados especialmente no combate à obesidade que já atinge mais de 50% dos adultos na Europa (Akdağ e Danzon, 2006) e registou, em Portugal, um aumento de 33,9% nos jovens adultos de sexo masculino, com idades entre 18 e 24 anos (Campos e Gomes, 2007).

A produção agrícola, com especial relevância a produção de frutos, está associada a elevado conhecimento técnico, estando as altas produções unitárias que se atingem actualmente relacionadas não só com consumos elevados de água, como de outros factores de produção, nomeadamente pesticidas, fertilizantes e mão-de-obra.

A utilização abusiva de fertilizantes e pesticidas, e as consequências nefastas que daí advêm, levou aos conceitos de protecção integrada e produção integrada, cujo objectivo principal é a protecção humana, quer seja através da redução da poluição com a consequente preservação ambiental, quer através da produção de alimentos de qualidade.

Contudo, a adopção de novas metodologias de produção revelou lacunas de conhecimento em diversas áreas de saber com especial incidência em áreas interdisciplinares. No âmbito da protecção das plantas especial relevância é dada ao estudo da procura de substâncias capazes de combater os inimigos das culturas e no conhecimento e utilização de auxiliares. Na área da fertilização procura-se o equilíbrio entre uma fertilização das culturas que permita alcançar produções elevadas, sem induzir a elevada poluição das águas (Gimenez *et al.*, 2001; Daane *et al.*, 1995), nem interferir negativamente com a saúde humana (Boink e Speijers, 2001). No entanto, comparativamente à quantidade de trabalhos desenvolvidos no seio de cada área de saber, poucos estudos foram

desenvolvidos para o conhecimento das interacções entre a fertilização das culturas e suas consequências no comportamento das plantas face aos seus inimigos. Este facto advém, entre outras razões, da multiplicidade e complexidade dos factores intervenientes, que muitas vezes mascaram o seu efeito individual.

Na região da Beira Interior o pessegueiro (*Prunus persica* (L.) Batsch var. *persica*) constituiu-se como uma cultura com alguma tradição e com possibilidade de expansão, pelas condições edafo-climáticas e socioeconómicas existentes, conhecimento técnico associado ao seu cultivo e sobretudo pela procura dos frutos. Contudo, a grande capacidade de crescimento do pessegueiro, associada a uma predominância de solos de textura ligeira, induzem a práticas de sobrefertilização com consequências no equilíbrio vigor/frutificação. Nesta cultura é comum a ocorrência de doenças, como o cancro do pessegueiro, causado por *Phomopsis amygdali* (Delacr.) Tuset & Portilla (= *Fusicoccum amygdali* Delacr.), tendo sido identificada pela primeira vez, em pessegueiro da Cova da Beira, por Tomaz e Rego (1989). Apesar de comum a incidência da doença é bastante variável em cada ano, à semelhança do referido por Fenn (s/d) para diferentes zonas de cultivo nos Estados Unidos da América, sendo frequente a observação de maior intensidade da doença em plantas com elevado vigor (Pereira, 2001). Uma vez que esta associação (vigor/susceptibilidade) ainda está mal esclarecida, o presente trabalho visa contribuir para o estudo da interacção entre a fertilização azotada e a susceptibilidade ao cancro do pessegueiro, situando-se por isso este estudo na área da fertilização/nutrição das plantas e na área da protecção das plantas.

O objectivo principal foi:

1) a avaliação da influência da fertilização azotada na susceptibilidade ao cancro causado por *P. amygdali*, ao qual se associou

2) a avaliação da influência da fertilização azotada na incidência de afídeos e anársia.

Como a rentabilidade de qualquer cultura está sempre associada à sua produção e qualidade foi ainda considerado como objectivo:

3) a avaliação da fertilização azotada na produção e qualidade dos frutos.

No sentido de enquadrar este estudo na região da Beira Interior procedeu-se:

4) à avaliação da incidência do cancro na região, em pessegueiros da cultivar Rich Lady, e

5) à caracterização das condições edáficas dos pomares de pessegueiros na região.

Com base nos objectivos definidos procedeu-se à revisão do conhecimento sobre a influência do azoto no condicionamento da susceptibilidade a doenças (ponto 2), assim como à caracterização do fungo *P. amygdali*, agente causal do cancro do pessegueiro (ponto 3).

Relativamente ao ponto 4 apresenta-se a caracterização dos pomares de pessegueiro da região da Beira Interior, realizada com base nas fichas de cultura disponibilizadas pelas três Organizações de Agricultores com autorização para a protecção integrada e produção integrada de prunóideas, concedida no âmbito das medidas Agro-Ambientais, ao abrigo do Regulamento (CEE) n.º 2078/92. Nesta caracterização, baseada em 117 parcelas, refere-se a dimensão das parcelas, a área de pessegueiros por exploração, a idade dos agricultores, tendo sido concedida uma atenção especial à caracterização do solo realizada com base nas análises de terra disponíveis.

Para avaliar a incidência do cancro do pessegueiro na região da Beira Interior foram acompanhados dez pomares da cv. Rich Lady, durante três anos (2005, 2006 e 2007), cuja localização procurou abranger toda a área de cultivo do pessegueiro na região. Paralelamente realizou-se a caracterização do estado de nutrição dos pomares, através da colheita de amostras de folhas e respectivas análises foliares (ponto 5).

A avaliação da influência da fertilização azotada na susceptibilidade do pessegueiro a *P. amygdali* foi realizada com base num ensaio em vasos e num ensaio de campo.

O ensaio em vasos, que decorreu de Abril de 2003 a Abril de 2007, compreendeu duas repetições, com dois anos cada repetição, num total de quatro ciclos vegetativos. Neste ensaio, que utilizou a cv. Springcrest, observou-se o efeito de diferentes níveis de fertilização azotada não só na susceptibilidade a *P. amygdali*, *Anarsia lineatella* Zeller, *Brachycaudus schwartzi* Börner e escolítídeos, como também, o efeito da fertilização azotada no desenvolvimento vegetativo das plantas, produção e qualidade dos frutos (ponto 6).

O ensaio de campo, localizado no pomar de pessegueiros da Escola Superior Agrária de Castelo Branco, decorreu de Março de 2005 a Abril de 2008, acompanhando três ciclos vegetativos. Neste ensaio, em que se utilizou a cv. Rich Lady, observou-se o efeito de diferentes níveis de fertilização azotada relativamente à susceptibilidade a *Phomopsis amygdali*, no desenvolvimento vegetativo das plantas, na produção total, na produção comercializável e na qualidade dos frutos (ponto 7).

Em face da complexidade da interacção entre a susceptibilidade ao cancro, o estado de nutrição das plantas e as condições climáticas utilizou-se a análise de componentes principais, que permitiu evidenciar as correlações entre nutrientes, e a análise de

correspondências múltiplas que, através da discretização das variáveis, permitiu elucidar o efeito da fertilização na susceptibilidade dos pessegueiros ao cancro.

A conjugação dos resultados alcançados nas diferentes linhas de trabalho permitiu a sistematização das conclusões finais, apresentadas no ponto 8.

2. O azoto

O azoto é o elemento que mais frequentemente limita a produção agrícola, não só pelas grandes quantidades de que as plantas necessitam, como pela pequena e variável disponibilidade em que este elemento se encontra no solo.

A disponibilidade natural do solo em azoto está directamente relacionada com o seu teor em matéria orgânica e com a sua actividade microbiana. Em alguns locais da Europa Ocidental a deposição atmosférica pode também ser uma fonte de azoto não negligenciável podendo, segundo Millard (1993), contribuir com mais de 22 kg de N por hectare e ano.

Embora as plantas possam absorver o azoto sob a forma de amoníaco (NH_3) e dióxido de azoto (NO_2), através dos estomas e microporos das folhas (Varenes, 2003), a maior fracção é absorvida através das raízes sob a forma de de ião nitrato (NO_3^-) ou na forma de ião amónio (NH_4^+). Estas duas formas de azoto, que as plantas absorvem com mais ou menos facilidade, resultam essencialmente da degradação de compostos azotados mais complexos que existem quer na matéria orgânica quer na população microbiana do solo.

Solos com níveis elevados de matéria orgânica apresentam populações microbianas mais elevadas e por conseguinte maior actividade biótica, com efeitos directos e indirectos na disponibilização de nutrientes. A constante degradação da matéria orgânica constitui-se como fonte de azoto, embora sempre dependente das condições ambientais. Temperatura e humidade elevadas favorecem a actividade microbiana e por conseguinte o processo de mineralização, com a consequente imobilização de nutrientes (numa primeira fase) e sua posterior libertação na rizosfera, com especial destaque para os iões amónio e nitrato.

Em termos médios a taxa de mineralização da matéria orgânica (considerando uma relação carbono/azoto próxima de 12) situa-se entre 2% e 3% para as condições prevalentes em Portugal, o que equivale à libertação de 30 a 40 kg de azoto por hectare, ano e unidade percentual de matéria orgânica (MADRP, 1997). Esta disponibilização por parte do solo não é regular ao longo do ano uma vez que são bastante variáveis as condições de temperatura e humidade. Negligenciar a sua existência corresponde a não tirar partido das condições naturais e não contribuir quer para a preservação ambiental, quer para a exploração do factor terra, uma vez que essa mineralização ocorrerá sempre.

Uma vez que frequentemente o solo não disponibiliza a quantidade suficiente de azoto capaz de proporcionar elevados níveis de produção, a fertilização mineral é uma prática cultural corrente, que visa completar as necessidades das plantas que não são satisfeitas pelas disponibilidades naturais e deverá estar sempre de acordo com a produção esperada. Contudo, a produção é bastante variável, quer ao longo dos anos quer dentro de cada parcela, o que condiciona a correcção da fertilização (Brown, 2008). A época, forma e dose de aplicação do azoto tem influência na fisiologia da planta, no seu estado nutricional e na sua susceptibilidade a parasitas.

As formas mais usuais para a aplicação de azoto são a forma amoniacal e a forma nítrica, embora possam ser utilizadas outras formas nomeadamente a amídica, através da aplicação de ureia, e a aplicação foliar de aminoácidos.

A disponibilidade das formas nítrica ou amoniacal condiciona a sua absorção por parte da planta e, por sua vez, a forma predominantemente absorvida influencia as condições da rizosfera. A concentração do ião nitrato na solução do solo é normalmente muito superior à do ião amónio, podendo ser 10 a 1000 vezes superior (Varennes, 2003), devido à acção dos microrganismos que convertem a forma amoniacal em forma nítrica. A absorção das diferentes formas de azoto depende não só da sua abundância como de factores genéticos da planta.

Quando o azoto é absorvido pelas plantas sob a forma de ião amónio, pelo seu carácter tóxico para a planta, ele é rapidamente incorporado em moléculas orgânicas em células da raiz. Quando é absorvido sob a forma de ião nitrato, sendo bastante móvel, pode ser translocado para outros órgãos, onde sofrerá o processo de redução e incorporação em moléculas orgânicas, ou pode ser acumulado nos vacúolos (Marschner, 1995). A sua utilização pelas plantas passa pela redução a amoníaco, através da acção das enzimas nitrato redutase e nitrito redutase. Este processo de assimilação e redução do ião nitrato é tão importante quanto o processo de assimilação e redução do dióxido de carbono no processo fotossintético (Marschner, 1995). As enzimas referidas têm como factores envolvidos na recepção de electrões, o molibdénio (Mo) no caso da nitrato redutase e a ferredoxina no caso da enzima nitrito redutase (Marschner, 1995).

O teor de azoto foliar depende da disponibilidade de azoto no solo e da sua eficiência de utilização por parte da planta, considerando como eficiência de utilização a percentagem de azoto absorvido pela planta relativamente ao azoto fornecido pela fertilização (Carranca *et al.*, 2001; Neilsen *et al.*, 2001). A eficiência de utilização do azoto

depende de uma multiplicidade de factores dos quais se podem destacar a cultura, a época de aplicação (Quartieri *et al.*, 1998), o estado fenológico (Porro *et al.*, 2008), o modo de aplicação (Lovatt, 2008), o estado de nutrição da planta (Dong *et al.*, 2004), a disponibilidade de água (Rana, 2005), para além dos elementos que condicionam directamente a actividade da enzima nitrato redutase, nomeadamente a deficiência de molibdénio (Marschner, 1995) e a deficiência de magnésio (Ding, 2006). Utilizando ^{15}N , Quartieri *et al.* (1998) referem uma eficiência de utilização do azoto próxima de 50% em nectarinas cultivadas em vasos e sujeitas a fertirrega com ureia. Neilsen *et al.* (2001), trabalhando com macieira em ensaio de campo, referem uma eficiência de utilização do azoto de 22,3%, e Neto (2007), em pereiras da cv. Rocha, refere uma eficiência crescente de 6% no primeiro ano da cultura, 14% no segundo e 33% no terceiro ano.

Se a disponibilidade de azoto no solo for superior à capacidade de utilização por parte da planta verifica-se lixiviação, ou seja, o movimento descendente ao longo do perfil do solo que, frequentemente, representa a maior perda de azoto por parte do solo (Neeteson e Carton, 2001), podendo causar teores excessivos de azoto em águas subterrâneas. Gimenez *et al.* (2001), na região sul de Espanha, referem teores de azoto no solo muito superiores às necessidades das culturas, como resultado de fertilização excessiva, da qual resulta elevado risco de contaminação. Daane *et al.* (1995), utilizando a cultivar de nectarina “Fantasia”, estudaram a relação entre teor de azoto aplicado, teor de azoto foliar e quantidade de azoto no solo, indicando o teor foliar de 3% como o valor a partir do qual se verifica um maior acréscimo de azoto no solo.

As árvores, para além do azoto disponibilizado pela mineralização da matéria orgânica do solo, pela deposição atmosférica e pela fertilização, utilizam o azoto armazenado sob a forma de reservas nos ramos, tronco e raízes, sendo esse azoto remobilizado todos os anos na Primavera, no caso das árvores de folha caduca (Millard, 1993; Tagliavini *et al.*, 1998; Guak *et al.*, 2001). Segundo Millard (1993), o azoto de reserva (armazenado) é aquele que pode ser mobilizado de um tecido e, subsequentemente, reutilizado para o crescimento ou manutenção de outro tecido, apresentando a definição de azoto de reserva dois aspectos importantes e distintos. Em primeiro lugar põe em evidência o carácter dinâmico da reserva e, em segundo, refere que a capacidade da planta para a acumulação de reservas de azoto é independente do teor de azoto disponível, apresentando, no entanto, influência sobre a quantidade armazenada.

A capacidade de mobilização do azoto existente nas folhas para ramos, tronco e raízes, no final do ciclo, em plantas de folha caduca é evidenciada pela diminuição da quantidade de azoto de reserva nesses órgãos, caso se provoque uma desfoliação antecipada, quer manual quer química (Guak *et al.*, 2001; Laywisadkul, 2007b). Trabalhando com nectarinas, Quartieri *et al.* (1998) referem que as reservas são maioritariamente constituídas pelo azoto absorvido no final do ciclo (70%) relativamente ao azoto absorvido no início do ciclo (30%).

Plantas colocadas em meio deficiente em azoto, na Primavera, apresentaram uma capacidade de crescimento inicial proporcional às reservas em azoto acumuladas no período vegetativo precedente (Cheng *et al.*, 2001; Guak *et al.*, 2001) e independente da disponibilidade de azoto do solo, fornecido na Primavera (Cheng *et al.*, 2001). O teor de azoto disponível no solo terá posteriormente influência no crescimento, dando origem a plantas com folhagem mais abundante e maior crescimento (Millard, 1993). Policarpo *et al.* (2002), trabalhando com cultivares temporãs e tardias de pessegueiro, verificaram que a eficiência de utilização do azoto no início do ciclo foi bastante inferior à observada no final do Verão, princípios do Outono, e que, no final do ciclo, as raízes e tronco se constituíam como órgão de reserva, assegurando uma rápida disponibilidade de azoto para o início do crescimento no ciclo seguinte. Resultado semelhante foi obtido por Porro *et al.* (2008) trabalhando com videira. Tagliavini *et al.* (1998), trabalhando com nectarinas, referem uma absorção de 58% a 69% da ureia (com ¹⁵N) aplicada via foliar e interceptada pela folhagem, no período próximo da queda das folhas, sendo 38% a 46% do azoto marcado assimilado no final do ciclo, remobilizado na Primavera. Quando a ureia é aplicada em Novembro, apesar de rápida absorção foliar, 80% permanece nas folhas e cai ao solo sem ser translocado para órgãos de reserva (Rosecrance *et al.*, 1997).

Jordan *et al.* (2001) referem a morte de 80% dos pessegueiros sujeitos a fertilização azotada zero, no período de floração do ano seguinte, por falta de reservas azotadas capazes de sustentar o crescimento inicial.

Guak *et al.* (2001), em ensaio com macieiras, evidenciaram a influência da aplicação de ureia no final do ciclo no aumento do teor de azoto quer nos ramos quer nas raízes, permitindo um maior crescimento das plantas na Primavera seguinte.

Tendo a variação na disponibilidade de azoto um efeito marcado sobre as plantas, diversos investigadores estudaram a influência da fertilização azotada na susceptibilidade a doenças e pragas (Herrewijin, 1972; Jones *et al.*, 1985; Huber e McCay-Buis, 1993; Daane *et*

al., 1995; Ben-Yephet *et al.*, 2006; Bortoli *et al.*, 2006; Laywisdakul, 2007b), utilizando, no entanto, essencialmente plantas anuais. Do conjunto das espécies vegetais referidas por Huber e Thompson (2007), na sua recente revisão da relação entre azoto e doenças, faz-se referência a 60 espécies das quais apenas 10% são plantas perenes. Este facto prende-se não só com a morosidade na obtenção de resultados quando se trabalha com plantas perenes, como com a complexidade da resposta devido à interacção de numerosos factores, nomeadamente na indução de diferentes estados de nutrição.

Segundo Huber e Thompson (2007), o azoto influencia a susceptibilidade às doenças através de alterações ao nível da fisiologia da planta, do crescimento e virulência do parasita e, ainda, através de alterações do meio biótico e abiótico.

Ao nível da fisiologia da planta o azoto conduz frequentemente a alterações na área foliar (Yoshida *et al.*, 1969), no porte da planta (Marschner, 1995), na razão entre parte aérea e parte radicular (Ding *et al.*, 2006), na espessura das paredes celulares e na composição mineral das folhas (Almaliotis *et al.*, 1977; Ben-Yephet *et al.*, 2006; Simões *et al.*, 2006).

A área foliar pode ser avaliada através da área média por folha ou pela área foliar por unidade de área de terreno, designada por LAI (*leaf area index*), sendo este último o parâmetro mais preciso para a avaliação da capacidade fotossintética de uma planta/cultura. A área foliar média por folha é, frequentemente, utilizada pela facilidade de avaliação. O valor óptimo de LAI varia entre 3 e 6, dependendo da espécie, da luz e do ângulo e forma da folha (Marschner, 1995). Valores de LAI elevados podem traduzir ensombramento, conduzindo a menor saldo fotossíntese/respiração (Salaya, 1997).

O azoto apresenta um efeito positivo no aumento da área foliar desde que não se verifiquem limitações ao nível da disponibilidade hídrica. Regato *et al.* (2002), utilizando três cultivares de pessegueiro, observaram valores crescentes quer da largura quer do comprimento da folha, para doses crescentes de azoto (0 a 300 kg N^{ha}⁻¹).

A maior área foliar está frequentemente associada à formação de células de maior dimensão, mas com paredes celulares com menor espessura e menor teor de lenhina, uma vez que o azoto promove a formação de compostos proteicos. Jovanovic *et al.* (2004), trabalhando com dois génotipos de milho, observaram nas células das plantas sujeitas a deficiência de azoto, não só menor número de células como maior actividade da enzima peroxidase, enzima envolvida na lenhificação das paredes celulares. Sendo a parede celular uma barreira à penetração de agentes patogénicos, células com uma parede menos rica em

lenhina e/ou suberina tornam-se menos resistentes à sua degradação por agentes patogénicos (Fosket, 1994). Em cultivares de banana (*Musa* sp.), a maior tolerância de ao *Fusarium oxysporum* Schltdl. foi também relacionada com a capacidade de lenhificação da parede celular, uma vez que se observou maior produção e actividade das enzimas peroxidase e fenilalanina amónia liase, com uma maior produção de lenhina, em cultivares tolerantes (Ascensão e Dubery, 2000).

O azoto apresenta um efeito marcado sobre o crescimento das plantas, alterando a arquitectura das árvores. Daane *et al.* (1995) referem que nectarinas sujeitas a fertilização azotada mais elevada apresentaram maior desenvolvimento vegetativo, que se reflecte no maior ensombramento da vegetação. Estes autores referem ainda que, a longo prazo, se pode verificar um efeito negativo da sobrefertilização no desenvolvimento vegetativo, em virtude da deficiente iluminação. A acção do azoto na arquitectura de pessegueiros pode ter efeito no tipo de ramificação (Médiène *et al.*, 2002) ou no ângulo de inserção dos ramos com o eixo principal (Simões *et al.*, 2007).

A alteração das condições de luminosidade e humidade no interior da copa poderá contribuir para a variação da susceptibilidade das plantas a parasitas. Daane *et al.* (1995) referem maior susceptibilidade a *Monilinia fructicola* (G. Winter) Honey de nectarinas sujeitas a níveis crescentes de fertilização azotada, tanto ao nível de lançamentos como dos frutos. A maior susceptibilidade dos frutos foi associada à menor espessura da cutícula que se observou nos frutos das modalidades de fertilização azotada elevada, sugerindo, os autores, como causa da menor espessura da cutícula, a menor luminosidade que se verificou no interior da copa devida à maior densidade de vegetação.

Para além do efeito no desenvolvimento vegetativo, a variação na quantidade de azoto disponibilizado através da fertilização provoca alterações no teor e proporções de outros nutrientes. Almaliotis *et al.* (1997), trabalhando com três cultivares de pessegueiros, observaram teores de fósforo, cálcio, magnésio e manganês mais elevados nas plantas fertilizadas com baixas doses de azoto e teores mais elevados de zinco nas plantas fertilizadas com doses elevadas do mesmo nutriente. Rufat *et al.* (2008) referem teores significativamente mais elevados de cálcio e magnésio nas modalidades de fertilização azotada nula. Em *Gypsophila paniculata* L., doses crescentes de azoto conduziram a plantas com teores mais elevados de manganês, zinco e ferro, e simultaneamente teores mais baixos de magnésio (Ben-Yephet *et al.*, 2006).

A alteração do estado de nutrição das plantas em consequência da variação de disponibilidade de azoto conduzirá a alterações na composição dos exsudados, uma vez que o exsudado, quer das raízes quer das folhas, é semelhante à composição interna dos tecidos (Huber e Thompson, 2007), podendo ter efeito diferencial no desenvolvimento do parasita.

A diversa e ampla variação que a fertilização azotada provoca na composição das plantas, dependendo da espécie e de factores ambientais – nomeadamente a presença ou ausência de outros nutrientes – torna bastante complexa a identificação dos elementos directamente envolvidos na resistência ou susceptibilidade.

Thompson *et al.* (2006) verificaram que a susceptibilidade do trigo a *Gaeumannomyces graminis* (Sacc.) Arx pode ser afectada por factores que condicionem a disponibilidade de manganês, como o pH e a fertilização azotada.

Jones *et al.* (1985), trabalhando com crisântemos, observaram um aumento da incidência de *Pseudomonas cichorii* (Swingle) Stapp não só com a dose de fertilização azotada e do correspondente aumento do teor foliar em azoto, mas também com o aumento da intensidade luminosa. A severidade da doença foi consideravelmente superior em condições de elevada intensidade luminosa, apesar do teor foliar de azoto ser mais elevado em plantas cultivadas com baixa intensidade luminosa o que, segundo o autor, poderá indicar a existência de outros factores com influência mais marcante na doença, do que o azoto.

Cao *et al.* (2006) referem que a susceptibilidade de pessegueiros a *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* Van Hall é condicionada por factores nutricionais e bióticos, identificando o azoto e os nemátodos como elementos determinantes. Plantas com teores foliares de azoto mais elevados apresentaram menor susceptibilidade que as plantas com teores mais baixos (resultado também referido por Southwick *et al.*, 1997), embora as infecções fossem largamente condicionadas pela presença de nemátodos. Por outro lado, a susceptibilidade de pessegueiros ao cancro bacteriano foi também relacionada com o maior teor de água dos ramos, quer o maior conteúdo de água dos ramos adviesse de solos mais arenosos, quer da época precoce de realização da poda (Vigouroux *et al.*, 2000). Tabilio *et al.* (1998) referem o efeito positivo das sebes na redução da incidência de *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* em pessegueiros, identificando a exposição ao vento como um factor favorável à doença.

A susceptibilidade de pereira a *Phytophthora syringae* (Kleb.) Kleb. foi positivamente correlacionada com o teor de azoto dos ramos (Laywisadkul, 2007b), embora outros

factores nomeadamente a temperatura (Laywisadkul, 2007a) e a idade das feridas (Laywisadkul, 2007c) tivessem também interferido na susceptibilidade.

Para além do efeito na planta, o azoto pode influenciar o crescimento e a virulência do parasita. Considerando que os agentes patogénicos obrigatórios estão dependentes dos nutrientes fornecidos pelo hospedeiro, alterações ao nível da composição deste podem, em larga medida, influenciar o crescimento, a reprodução e a virulência do parasita (Huber e Thompson, 2007). Huber e Watson (1974) referem que as plantas que recebem azoto sob a forma de ião amónio apresentam maior concentração de aminoácidos na composição dos tecidos e nos exsudados, do que as plantas que recebem o nutriente sob a forma de ião NO_3^- , conduzindo essa abundância de aminoácidos a condições mais favoráveis à população microbiana, o que pode resultar em níveis mais elevados de infecção. Um dos exemplos é o favorecimento do crescimento de *Rhizoctonia solani* J.G. Kühn, pela presença de asparagina. Este aminoácido é capaz de, por si só, estimular o desenvolvimento do parasita, sendo também um aminoácido produzido em maior quantidade por plantas que recebem azoto na forma NH_4^+ . Zeinah e Menge (1995) referem uma correlação elevada ($r=0,89$) entre a dimensão dos cancrios originada por *Phytophthora citricola* Sawada e o teor de aminoácidos livres do tecido, em abacate (*Persea americana* Mill.).

Outro aspecto da influência do azoto é a modificação do meio biótico e abiótico envolvente, com especial destaque para a rizosfera. Um exemplo frequente da influência do azoto nas condições ambientais é a alteração do pH resultante da presença e absorção diferencial das duas formas de azoto, amoniacal e nítrica. Quando o azoto é fornecido sob a forma amoniacal a planta liberta prótons para manter o equilíbrio iónico, pelo que a absorção desta forma de azoto leva à acidificação do meio (Marschner, 1995). Pelo contrário, quando o azoto é fornecido sob a forma nítrica, a assimilação do ião NO_3^- é acompanhada da libertação de iões OH^- que promovem o aumento do pH do meio. No entanto, Marschner (1995) refere, ainda, que a absorção de NO_3^- pelas plantas pode resultar numa diminuição do pH em situações em que se verifique uma elevada relação catiões-aníons absorvidos. A alteração do pH do meio pode condicionar o desenvolvimento do parasita e o seu ciclo (Wilson *et al.*, 2005).

A susceptibilidade do trigo (*Triticum aestivum* L.) a *Gaeumannomyces graminis* foi relacionada com a diminuição da disponibilidade de manganês resultante da presença de populações mais abundantes de microorganismos responsáveis pela sua oxidação, bem como com a fertilização azotada com nitrato relacionada com a alcalinização do meio

(Huber e McCay-Buis, 1993). A elevação do valor de pH através da calagem resulta normalmente no aumento da doença pois contribui para o aumento da população de microorganismos com actividade oxidativa, diminuindo a população de microorganismos com actividade redutora (Huber e McCay-Buis, 1993). Na susceptibilidade do arroz a *Magnaporthe grisea* (T.T. Hebert) M.E. Barr, também dependente da concentração de manganês, foi identificado o próprio agente patogénico como responsável pela oxidação de Mn^{2+} a Mn^{4+} , conduzindo a uma deficiência de manganês altamente correlacionada com a incidência da doença (Huber *et al.*, 2000).

Na modificação das condições do meio abiótico poderão também incluir-se as alterações de humidade e luminosidade ao nível das folhas, resultantes do maior vigor vegetativo induzido por doses excessivas de azoto. Em situações de maior densidade de folhagem, o teor de humidade e o período de tempo durante o qual se mantém essa humidade poderão levar a um aumento da incidência da doença (Rossi *et al.*, 2006).

O azoto pode ainda influenciar a frequência da penetração ou a dimensão das lesões. Assim, Huber e Thompson (2007) referem que plantas em condições de deficiência de azoto recorrem à degradação das suas próprias estruturas proteicas como fonte do nutriente, levando à diminuição da sua capacidade de defesa, quer por deficiente estrutura proteica de resistência quer por falta de energia, uma vez que nessas condições as plantas promovem a degradação da enzima RuBisCo e da PEP-carboxilase.

A incidência de *Diaporthe phaseolorum* (Cooke & Ellis) Sacc. em soja foi significativamente reduzida pela fertilização azotada, fosfatada e potássica, apresentando as plantas de fertilização zero a maior susceptibilidade (Pacumbaba *et al.*, 1997). Ainda para a mesma cultura, os mesmos autores verificaram que a susceptibilidade a *Phytophthora megasperma* Drechsler era significativamente menor quando foi utilizado um fertilizante ternário relativamente a fertilizantes elementares quer azotados, fosfatados ou potássicos (utilizando doses crescentes de 0 a 200 kg·ha⁻¹) o que indicia a importância do equilíbrio nutricional na capacidade de defesa da planta, como seria de esperar.

Assim, o efeito da fertilização azotada é, simultaneamente, influenciado por múltiplos factores – genéticos, culturais e ambientais – e provoca, também, múltiplas respostas, pelo que o estudo da variação da susceptibilidade a uma praga ou doença, em função do estado de nutrição, se torna bastante complexo.

3. *Phomopsis amygdali*

O cancro do pessegueiro é uma doença resultante de infecções do fungo *Phomopsis amygdali* (Delacr.) Tuset & Portilla, embora nem sempre o agente causal tenha tido a mesma designação (Rego, 1995). Em 1905 a doença foi descrita por Delacroix, designada por cancro, e foi atribuída ao fungo *Fusicoccum amygdali* Delacr., designação que perdurou até 1989. Em 1936 foi descrita por Canonaco uma doença de sintomas semelhantes, designada doença de constrição (*constriction disease*) e atribuída a *Phomopsis amygdalina* Canonaco. Trabalho realizado por Sacchetti (1981) identifica *Fusicoccum amygdali* como o mesmo agente causal para o cancro e a doença de constrição. Tomaz e Rego (1989) identificam *Phomopsis mali* Rob. como o agente causador da *constriction disease* ou *twig canker*. Tuset e Portilla (1989), de acordo com as características do género *Phomopsis*, propõem a classificação de *Phomopsis amygdali*. Actualmente, com base na caracterização morfológica e biomolecular de isolados de cancro de amendoeira, Diogo e Phillips (2007) identificaram três grupos distintos dentro do género *Phomopsis* como agentes causais da doença, referindo que o grupo mais abundante correspondia à descrição de *P. amygdali* e sugerindo que o segundo grupo possa corresponder a *P. amygdalina*. Uddin *et al.* (1997) identificaram também *P. amygdali* como o agente causal da doença nos pomares da Geórgia e Carolina do Sul, nos Estados Unidos da América.

As espécies mais susceptíveis ao parasita são a amendoeira e o pessegueiro, culturas onde a doença pode dar origem a elevadas quebras de produção (Lalancette, 2000; Martins *et al.*, 2002).

A designação da doença também apresenta algum polimorfismo sendo utilizadas as designações de cancro/*canker*, cancro dos ramos/*twig canker*/*stem canker* (Smith *et al.*, 1988), doença de constrição/cancro de constrição/*constriction canker* (Tomaz e Rego, 1989; Zehr, 1995; Lalancette, 2000), *twig blight*/*peach shoot blight* (Fenn, s/d; Uddin *et al.*, 1997) ou cancro dos gomos (Rego, 1995).

O fungo infecta as plantas no Outono através das feridas expostas pela queda das folhas, na Primavera através das feridas resultantes do abrolhamento dos gomos florais ou ainda através das feridas deixadas pelos frutos (Zehr, 1995; Jones e Sutton, s/d; Uddin *et al.*, 1997; Lalancette *et al.*, 2003). Contudo Uddin *et al.* (1997) demonstraram que a infecção pode realizar-se através dos gomos dormentes, sem existência de feridas.

A esporulação de *P. amygdali* realiza-se através da formação de picnídios nos tecidos infectados, que libertam os conídios através de cirros, sendo disseminados pela chuva. Os picnídios são usualmente solitários, eustromáticos, globosos ou aplanados, algumas vezes elipsoidais, castanhos-escuros ou negros, com 180-550 μm de diâmetro e ostiolados (Zehr, 1995). Os conidióforos são hialinos, cilíndricos, espaçadamente ramificados e com um a dois septos na base (Zehr, 1995). Os alfa conídios são unicelulares, hialinos, fusiformes com as extremidades ligeiramente pontiagudas, com 4,9-9,9 μm x 2,3-3,8 μm (Zehr, 1995). Tomaz e Rego (1989) referem α -conídios com 6,0-11 μm x 2,0-3,0 μm e Uddin *et al.* (1997) referem α -conídios ligeiramente mais longos com 7,5-10 μm x 2,5-3,75 μm . Os β -conídios são raros, podendo não ser observados (Uddin *et al.*, 1997), unicelulares, filiformes, hialinos, com a extremidade ligeiramente curva, com 14,5-23,1 μm x 1,1-1,9 μm (Zehr, 1995). Tomaz e Rego (1989) referem β -conídios ligeiramente mais alongados (20,0-30,0 μm x 1,0-2,0 μm).

A produção e dispersão dos conídios são favorecidas por temperaturas moderadas e elevada precipitação (Uddin e Reynolds, 1997). Estudando o efeito da temperatura e humidade na esporulação de *P. amygdali*, em ramos de pessegueiro, Lalancette *et al.* (2003) referem que a temperatura óptima para a formação de cirros é de 19°C a 20°C, enquanto a temperatura óptima para a máxima produção de conídios por picnídio foi ligeiramente superior, 22°C a 23°C, no final de 72 h com uma humidade relativa superior a 95%. No intervalo de temperatura óptimo, a esporulação ocorre no período de 16 h a 48 h após a exposição a humidade de 95%.

Apesar da temperatura óptima para a esporulação e produção de conídios ser relativamente elevada, verifica-se a formação de cirros e produção de conídios no intervalo de temperatura de 0°C a 37°C (Lalancette *et al.*, 2003), o que representa um papel muito significativo na epidemiologia da doença, uma vez que a susceptibilidade das plantas está dependente da cicatrização das feridas deixadas pela queda das folhas (Paygami, 1977; Jailloux e Froidefond, 1978b; Jailloux e Froidefond, 1978c). As cicatrizes das folhas permanecem susceptíveis mais tempo à infecção a 4,4°C do que a 26,7°C (Lalancette *et al.*, 2003), o que se traduz em elevada susceptibilidade apesar de não se verificar a temperatura mais favorável para a esporulação e produção de conídios.

Humidade elevada é determinante na epidemiologia do cancro. Uma humidade relativa superior a 90%, para além do efeito positivo na formação de cirros e produção de conídios, atrasa a produção de goma e suberina e a formação de periderme nas cicatrizes

recém formadas, prolongando a susceptibilidade (Lalancette *et al.*, 2003). A ocorrência de precipitação seguida de períodos de humidade relativa elevada e temperaturas amenas constituem condições ambientais muito favoráveis ao desenvolvimento da doença (Lalancette *et al.*, 2003).

Segundo Zehr (1995), o parasita apresenta pelo menos um ciclo por ano, podendo ocorrer um segundo ciclo, na Primavera, se as condições climáticas forem favoráveis. Uddin e Stevenson (1998), na região da Geórgia (Estados Unidos da América), referem uma elevada proporção de gomos infectados nas duas épocas, com uma proporção ligeiramente superior na Primavera (Abril-Maio) relativamente ao período Outonal, que consideram o primeiro período de infecção. Os autores referem que, na região da Geórgia, existem condições para a infecção das plantas – existência de inóculo, susceptibilidade das plantas pela disponibilidade de locais de infecção e condições climáticas favoráveis à infecção, em ambas as épocas. Infecções primaveris são também referidas por Spada e Mazzini (2002) na região da Emília Romana, em Itália. Lalancette *et al.* (2003), trabalhando em pomares de pessegueiro em New Jersey, referem como principal época de infecção o período Outonal durante o qual mantêm um elevado potencial de esporulação, embora haja picnídios capazes de produzir conídios em número significativo ao longo de todo o ano. Jailloux *et al.* (1974a), em França, referem a Primavera (Março-Abril) como o período em que, frequentemente, se observa a incidência de cancos mais elevada, embora, num dos anos em estudo, tenham observado uma elevada incidência em Outubro em consequência do mês de Agosto ter registado elevada pluviometria.

O período de incubação, ou seja, da inoculação até ao aparecimento dos primeiros sintomas, é aproximadamente um mês (Lalancette *et al.*, 2003).

Os órgãos mais afectados são os ramos com um ano de idade, desenvolvendo-se lesões ligeiramente deprimidas (cancros) centradas nos gomos/cicatriz da folha. Os cancos apresentam uma cor castanho avermelhada (Zehr, 1995) com tonalidade de chocolate (Paygami, 1977), podendo tornar-se esbranquiçada quando ocorre a morte do ramo. A zona necrosada tem uma forma elíptica (Bovey, 1984)(Fig. 3.1-A) e, à medida que se vai desenvolvendo, pode circundar o ramo provocando a morte do troço localizado acima da infecção. Quando o cancro se desenvolve durante o Inverno, o ramo seca, observando-se apenas abrolhamento dos gomos abaixo do local de infecção (Fig. 3.1-B). Mas, se os cancos se desenvolveram e circundam o ramo, já no início da Primavera, a parte do ramo

acima do cancro morre após o início da emissão das folhas, ficando as jovens folhas secas ao longo do ramo (Fig. 3.1-C).

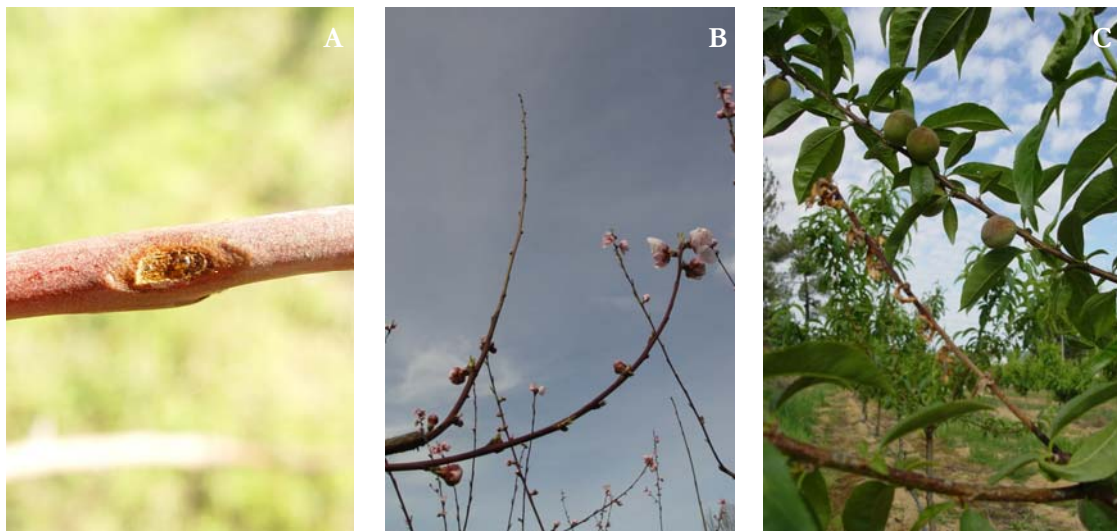


Figura 3.1. Cancro desenvolvido no local da inoculação com *P. amygdali* (A), ramo morto durante o período de repouso (B); e ramo morto após o início do desenvolvimento vegetativo (C).

A dessecação dos ramos acima do local de infecção pode ser induzida pela fusicoccina translocada dos tecidos necróticos para a parte superior dos ramos (Strobel, 1974). A fusicoccina é uma micotoxina que provoca o aumento celular, efluxo de protões, acréscimo do fluxo de potássio para o interior da célula, levando à abertura estomática (Strobel, 1982). As actividades celulares afectadas pela acção da fusicoccina parecem ter origem na conversão da energia dos radicais fosfatados em gradiente electroquímico de protões ao nível da membrana. A bomba de protões induz à absorção de K^+ provocando a alcalinização do meio, o alargamento celular e a perda de resistência da parede (Strobel, 1982).

No local de infecção pode ocorrer a formação de goma, embora a presença desta não seja um bom sintoma para o diagnóstico da doença, porque outras doenças, nomeadamente as causadas por *Monilinia* spp., podem provocar também o aparecimento de goma (Jones e Sutton, s/d; Martins e Oliveira, 2004).

Monilinia laxa (Aderh. & Ruhland) Honey causa a formação de lesões semelhantes a *P. amygdali*, centradas sobre os gomos, com presença abundante de goma, mas diferindo pelo facto da infecção ocorrer durante a floração, ficando a flor presa ao ramo, e a lesão ser frequentemente mais brilhante. Quando a lesão causada por *Monilinia* circunda o ramo provoca igualmente a morte da zona do ramo que se situa acima da lesão, dando origem a

uma sintomatologia semelhante a *P. amygdali*. Em virtude das pequenas diferenças na sintomatologia das duas doenças, por vezes é necessário o isolamento laboratorial para a correcta identificação do parasita.

P. amygdali pode também infectar folhas e frutos (Jones e Sutton, s/d; Zehr, 1995; Spada e Mazzini, 2002; Michailides e Thomidis, 2006), sendo contudo menos frequente nestes órgãos.

A morte dos ramos, resultante da infecção de *P. amygdali*, provoca perda de produção uma vez que é ao longo do ramo com um ano que se desenvolvem os frutos. A quebra de produção é proporcional à incidência da doença (Lalancette e Polk, 2000; Vieira, 2006) tendo sido estimada em 21% a 28% em pomares de New Jersey, de 1997 a 1998 (Lalancette e Polk, 2000).

Como para qualquer outra doença, o combate pode basear-se em medidas biológicas, culturais e químicas.

A utilização de cultivares resistentes está sempre dependente da sua disponibilidade e, apesar de se verificar alguma diversidade de comportamento na susceptibilidade a *P. amygdali* entre as cultivares de pessegueiros (Jailloux e Froidefond, 1974b; Jailloux e Froidefond, 1978a; Jailloux e Froidefond, 1978c; Jailloux, 1985; Zehr, 1995; Latham *et al.*, 1992), não são conhecidas cultivares de pessegueiro resistentes (Schnabel e Lalancette, 2003). Para além disso, nem sempre, na criação de novas cultivares, a resistência ao cancro é considerada como um objectivo principal do melhoramento, e, dada a constante renovação de cultivares na cultura de pessegueiro, o conhecimento da sua susceptibilidade ou resistência nem sempre se verifica em tempo útil. Em amendoeira, onde frequentemente a incidência da doença é mais elevada uma vez que a protecção fitossanitária é mais negligenciada, diversos trabalhos têm sido realizados no sentido de introduzir genes de resistência através do melhoramento (Cabrita *et al.*, 2004) ou localizar marcadores genéticos associados à resistência (Martins *et al.*, 2002; Martins e Oliveira, 2004).

A poda dos lançamentos infectados é uma prática com efeitos positivos ao nível da incidência da doença (Uddin e Stevenson, 1998; Lalancette e Robison, 2002), embora a sua eficiência na redução da doença seja inferior à protecção química quando esta se verifica durante todo o período da queda das folhas (Lalancette e Robison, 2002). Trabalhos realizados por Uddin e Stevenson (1998) indicam que é indiferente que os ramos infectados sejam retirados do pomar ou deixados no solo junto às plantas, mas que a poda dos ramos infectados, antes da esporulação, embora não providencie um combate total à doença,

pode constituir-se como uma componente importante numa perspectiva de protecção integrada, pelo seu efeito significativo na redução do inóculo. Para ser efectiva a poda dos ramos deverá ser sempre realizada antes da queda da folha como uma poda de Verão, tentando suprimir da copa todos os ramos com cancro, podendo desse modo induzir uma redução de 40% na incidência da doença.

A fertilização azotada excessiva é referida como indutora de maior susceptibilidade ao cancro (Rosenberger, 1996; Schnabel e Lalancette, 2003; Pereira, 2004), podendo tanto a deficiência hídrica como a fertilização azotada excessiva ser potenciadora da susceptibilidade nas cultivares mais susceptíveis (Schnabel e Lalancette, 2003).

Considerando o ciclo do parasita e o período de susceptibilidade da planta, o combate à doença realiza-se pela protecção das plantas nas duas principais épocas de infecção – durante a queda das folhas e durante o abrolhamento/floração. Lalancette e Robison (2002), num estudo sobre a eficácia da época de aplicação e de vários fungicidas, referem que a luta contra a doença foi mais eficaz através da realização de 6 a 8 aplicações durante o período da queda das folhas, relativamente ao período de abrolhamento, conduzindo a uma diminuição de 45% a 63% da doença quando se realiza a protecção Outonal, comparativamente a uma diminuição de 10% a 28% quando se realiza a protecção Primavera. A ausência de qualquer protecção levou a um acréscimo significativo da incidência da doença ao longo dos anos. Os autores referem ainda que podem ocorrer infecções nos finais do Inverno, antes do início do abrolhamento, uma vez que se observou um efeito aditivo no combate à doença quando ocorria a protecção das plantas nas duas épocas – Setembro/Novembro e Abril/Maio.

Do conjunto das substâncias estudadas por Lalancette e Robison (2002), os fungicidas de largo espectro clortalonil e captana proporcionaram uma protecção significativamente melhor que miclobutanil, azoxistrobina, benzimidazóis e compostos cúpricos, não tendo tido, o enxofre, qualquer efeito no controlo da doença. Em Portugal, em produção integrada, estão autorizados apenas o tirame e zirame, no máximo de duas aplicações para cada uma das substâncias activas referidas (Cavaco *et al.*, 2006).

4. A cultura do pessegueiro na região da Beira Interior

4.1. Introdução

A região da Beira Interior situa-se na parte central de Portugal continental e corresponde aproximadamente aos distritos de Castelo Branco e Guarda. Segundo o Recenseamento Geral da Agricultura de 1999 (INE, 2001), adiante designado por RGA, no continente português existem aproximadamente 705 mil hectares de culturas permanentes, localizando-se 93 mil hectares (13,1%) na região da Beira Interior, sendo as culturas permanentes mais representativas, nesta região, a oliveira e a vinha. Para além destas culturas tradicionais, a cultura de prunóideas, nomeadamente pessegueiro e cerejeira, assume lugar de destaque, não tanto pela área ocupada, mas pelo rendimento que proporciona e pela representatividade nacional.

Na Beira Interior, segundo o RGA de 1999 (INE, 2001), existem aproximadamente 1500 ha de pessegueiros (num total de 2372 explorações) que correspondem a cerca de 23% da área total de pessegueiro do continente (6500 ha) e 16% da área ocupada pelas culturas permanentes da região.

As culturas permanentes, nomeadamente as fruteiras de um modo especial, são bastante exigentes em termos de protecção fitossanitária, tendo conduzido ao uso exagerado de pesticidas do qual resultaram graves desequilíbrios ecológicos nos meados do séc. XX (Amaro, 2002).

A consciencialização da necessidade de aliar a produção à preservação ambiental levou à aprovação do Regulamento (CEE) n.º 2078/92, que teve como resultado a condicionalidade das ajudas à agricultura, levando à criação das Medidas Agro-Ambientais. No âmbito dessas medidas destacam-se a Protecção Integrada e a Produção Integrada que, em Portugal, levaram à criação de Organizações de Agricultores (OAs), uma vez que a concessão das ajudas estava condicionada ao apoio técnico de uma OA reconhecida para o efeito.

Segundo Amaro (2005), em 2004 existiam 112 Organizações de Agricultores reconhecidas para a prática da protecção integrada e da produção integrada, situando-se cinco delas na região da Beira Interior (Quadro 4.1).

A aplicação das medidas de protecção integrada e de produção integrada conduziu não só a uma maior consciencialização ambiental, como também ao aumento dos conhecimentos técnicos dos agricultores, levando à tomada de decisão sobre práticas agrícolas assentes em dados concretos de base científica. São exemplos, a decisão de efectuar determinada intervenção fitossanitária, mobilização do solo ou cálculo de fertilização. Apesar do enorme acréscimo de qualidade que se verificou nas práticas agrícolas através da acção das OAs, não houve, até hoje, uma preocupação de sistematização da informação que ia estando disponível, de modo a permitir uma análise global e/ou sectorial.

Quadro 4.1. Organizações de Agricultores reconhecidas para a prática da Protecção Integrada e da Produção Integrada na região da Beira Interior (adaptado de Amaro, 2005).

Organização de Agricultores	N.º agricultores	N.º técnicos
Adega Coop. Figueira Castelo Rodrigo	74	1
AAPIM	589	13
Associação de Agricultores Ribeira Tejo e Vale Côa	318	5
APPIZÊZERE	294	10
Coop. Agrícola dos Fruticultores da Cova da Beira	73	3
Total	1348	32

Assim, tendo em consideração que apenas três das OAs na região da Beira Interior estão reconhecidas para a protecção integrada e produção integrada de prunóideas – Associação de Agricultores para a Produção Integrada de Frutos de Montanha (AAPIM), sediada na Guarda, Associação de Protecção e Produção Integrada do Zêzere (APPIZÊZERE), sediada no Fundão e Cooperativa Agrícola dos Fruticultores da Cova da Beira, sediada na Covilhã (Amaro, 2005) – sistematizou-se, neste trabalho, em conjunto com as três OAs referidas, os dados disponíveis referentes às parcelas ocupadas com a cultura de pessegueiros.

4.2. Material e metodologia

Durante o mês de Dezembro de 2006, na sede das três OAs – AAPIM, APPIZÊZERE e Cooperativa dos Fruticultores da Cova da Beira – procedeu-se à consulta e posterior

informatização dos dados referentes às parcelas de pessegueiros para as quais estavam disponíveis resultados de análises de terra, não tendo sido consideradas análises anteriores a 2000, pois a maioria dessas parcelas já tinham sido reestruturadas.

Para cada parcela os dados disponíveis foram sistematizados da seguinte forma:

- a) agricultor – idade e área total de pessegueiros;
- b) parcela – área, localização e georreferenciação;
- c) património vegetal – ano de plantação, compasso, forma de condução e cultivar predominante;
- d) património edáfico (com base nas análises de terra relativas a uma profundidade de 0-30 cm, uma vez que raramente existiam análises referentes a camadas mais profundas) – ano de realização da análise, textura de campo, teor de matéria orgânica, pH, teor de fósforo e potássio extraíveis, bem como outros elementos que se encontrassem disponíveis.

Cerca de 90% das análises consultadas foram realizadas no Laboratório Químico Agrícola Rebelo da Silva (LQARS), utilizando as metodologias em uso nesse laboratório (Duarte *et al.*, 1998).

Os dados recolhidos foram posteriormente tratados estatisticamente através da utilização do programa SPSS, e introduzidos numa base de dados com sistema informático de georreferência (SIG), no sistema de coordenadas Hayford Gauss Militar, usando o software ArcGis 9.1, e utilizando a Carta Administrativa Oficial de Portugal e cartografia do Atlas do Ambiente digital (IA, 1998), cujos metadados se encontram no Anexo 1.

4.3. Resultados e discussão

4.3.1. Área de pessegueiros por Organização de Agricultores

Tendo por base a informação disponibilizada pelas três organizações de agricultores reconhecidas pela DGADR para a protecção integrada e produção integrada de prunóideas, foram compilados os dados referentes a 60 agricultores e 4 sociedades agrícolas correspondendo a um total de 117 parcelas de pessegueiros (Quadro 4.2). A parcela refere-se a determinada área de cultura que a distingue de outra parcela da mesma cultura por uma ou mais características, como por exemplo cultivar, forma de condução, condições edáficas ou armação do terreno. Frequentemente um agricultor

possui mais de uma parcela, sendo a área total da cultura resultante do somatório das parcelas contíguas de cultivares distintas.

Quadro 4.2. Caracterização da área de pessegueiros por Organização de Agricultores.

Organização de Agricultores	N.º agricultores	Área total pessegueiro (ha)	N.º parcelas	Área média parcela (ha)
AAPIM	12 (+2*)	80	23	3,0
APPIZÊZERE	38 (+2*)	343	82	1,3
Coop. Agr. dos Frut. da Cova da Beira	10	40	12	2,0
Total	64	463	117	-

* Sociedades Agrícolas

A área das 117 parcelas amostradas e que serviram de base a este estudo, corresponde a 132 ha, ou seja, aproximadamente 29% da área total explorada pelos agricultores e 9% da área total de pessegueiros da região. A área total de pessegueiros explorada pelo conjunto dos agricultores beneficiários das medidas de protecção integrada e produção integrada no período 2000 a 2006 foi de 463 ha, o que corresponde a aproximadamente 1/3 da área total de pessegueiros da região da Beira Interior, segundo o RGA de 1999.

A APPIZÊZERE é a OA responsável pelo acompanhamento de 74% da área total de pessegueiros financiada para a prática da protecção integrada e produção integrada, acompanhando 63% dos agricultores. A AAPIM e a Cooperativa dos Fruticultores da Cova da Beira acompanham respectivamente 21% e 16% dos agricultores, embora em termos de área sob o acompanhamento da AAPIM, 80 hectares, seja o dobro da área de pessegueiros acompanhada pela Cooperativa dos Fruticultores da Cova da Beira, facto resultante da diferente dimensão média da parcela ser de 3 ha no caso da AAPIM e 2 ha no caso da Cooperativa Agrícola dos Fruticultores da Cova da Beira.

4.3.2. Localização dos pomares de pessegueiros na Beira Interior

Com base no conjunto de pomares amostrados, verifica-se que os pomares de pessegueiros na região da Beira Interior se localizam essencialmente na região da Cova da Beira e na Beira Interior Sul, junto às faldas da serra da Gardunha (Fig. 4.1).

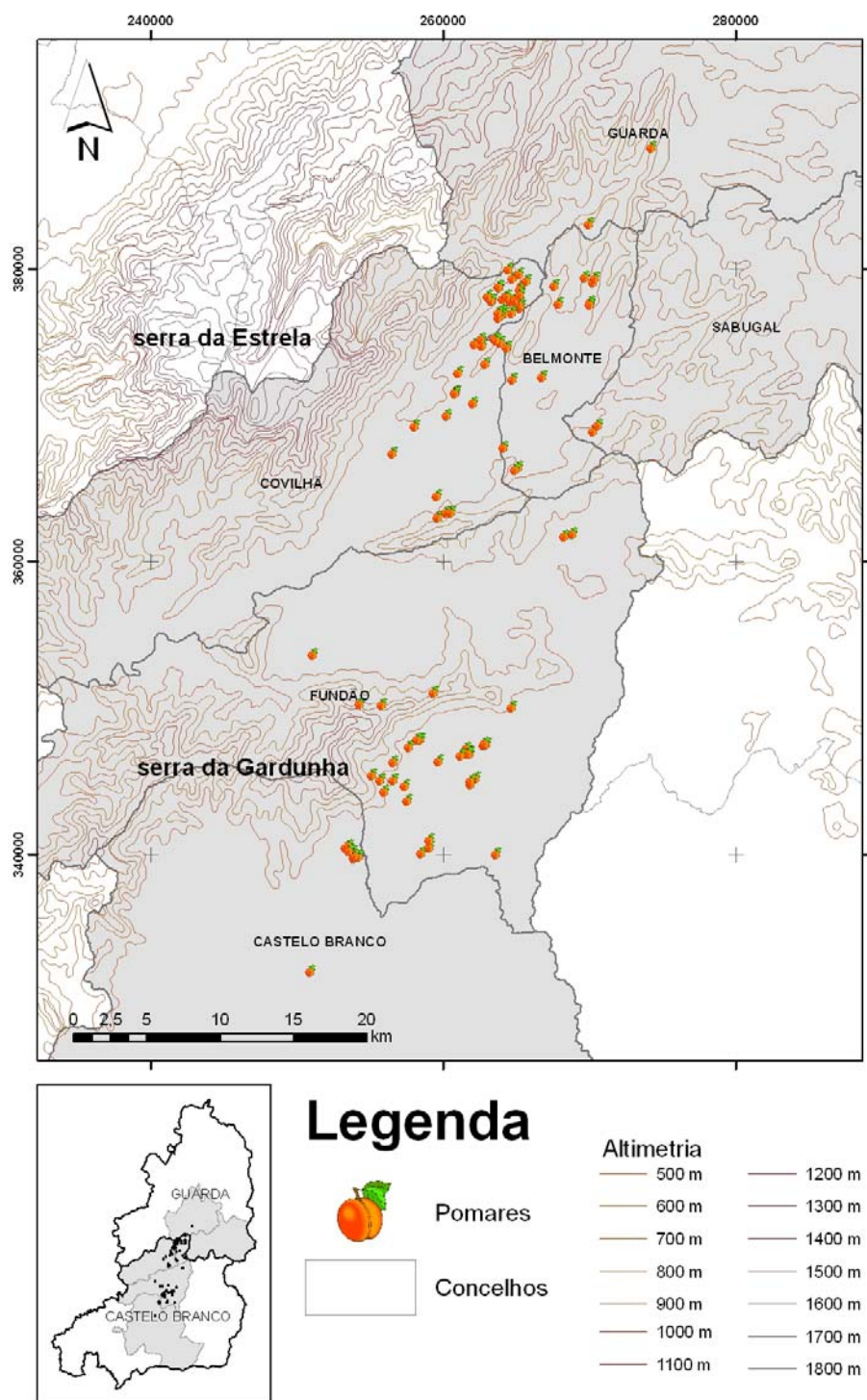


Figura 4.1. Localização dos pomares de pessegueiros na região da Beira Interior.

Os pomares de pessegueiros amostrados localizam-se maioritariamente nos concelhos da Covilhã com 46,6%, Fundão com 31,0%, Belmonte com 11,2% e Castelo Branco com 8,6%, sendo diminuto o número de pomares situados nos concelhos do Sabugal e Guarda onde, no conjunto, se localizam apenas 2,6% dos pomares.

Sendo uma região dominada por cadeias montanhosas os pomares situam-se próximos da cota de 500 m na região a norte da serra da Gardunha, e entre 400 m e 500 m na região a sul da serra da Gardunha, observando-se poucos pomares em cotas superiores a 500 m e inferiores a 400m. O pomar localizado mais a Sul encontra-se à cota de 370 m e corresponde ao pomar de pessegueiros da ESACB. O pomar mais a Norte encontra-se à cota de 600 m. O vale junto ao rio Zêzere, que se estende de Belmonte até à Covilhã, está compreendido entre a cota de 400 m e a cota de 500 m.

No concelho da Covilhã verifica-se uma maior densidade de pomares na zona norte do concelho, correspondendo às freguesias de Teixoso, Vale Formoso e Orjais, junto às margens do rio Zêzere. Um número menor de pomares localiza-se na encosta norte da elevação que faz a separação do concelho da Covilhã do concelho do Fundão, a Sudoeste, e que corresponde às freguesias do Ferro e Peraboa.

No concelho do Fundão os pomares localizam-se maioritariamente na zona sul do concelho, a sul da serra da Gardunha, nas freguesias de Castelo Novo, Alpedrinha e Vale de Prazeres. Embora também haja pomares a Norte e Este da serra da Gardunha, estes representam apenas 17% dos pomares estudados no concelho do Fundão. Os pomares a Este da serra da Gardunha correspondem à freguesia de Salgueiro. Os pomares na encosta Norte da serra da Gardunha correspondem à freguesia de Alcongosta, aparecendo a cultura do pessegueiro em paralelo com a cultura da cerejeira.

No concelho de Castelo Branco, 90% dos pomares de pessegueiros estudados localizam-se na freguesia de Louriçal do Campo.

A utilização da carta de solos do Atlas do Ambiente digital permite ver que os pomares se localizam essencialmente em dois tipos de solos, os cambissolos dístricos e fluvisolos dístricos (Fig. 4.2).

A maioria das parcelas de pessegueiros amostradas (63,7%) situa-se em cambissolos dístricos que se caracterizam por moderada erosão do material original, pela pequena proporção de argila e matéria orgânica e elevada permeabilidade, devido à sua textura grosseira (FAO, 2003).

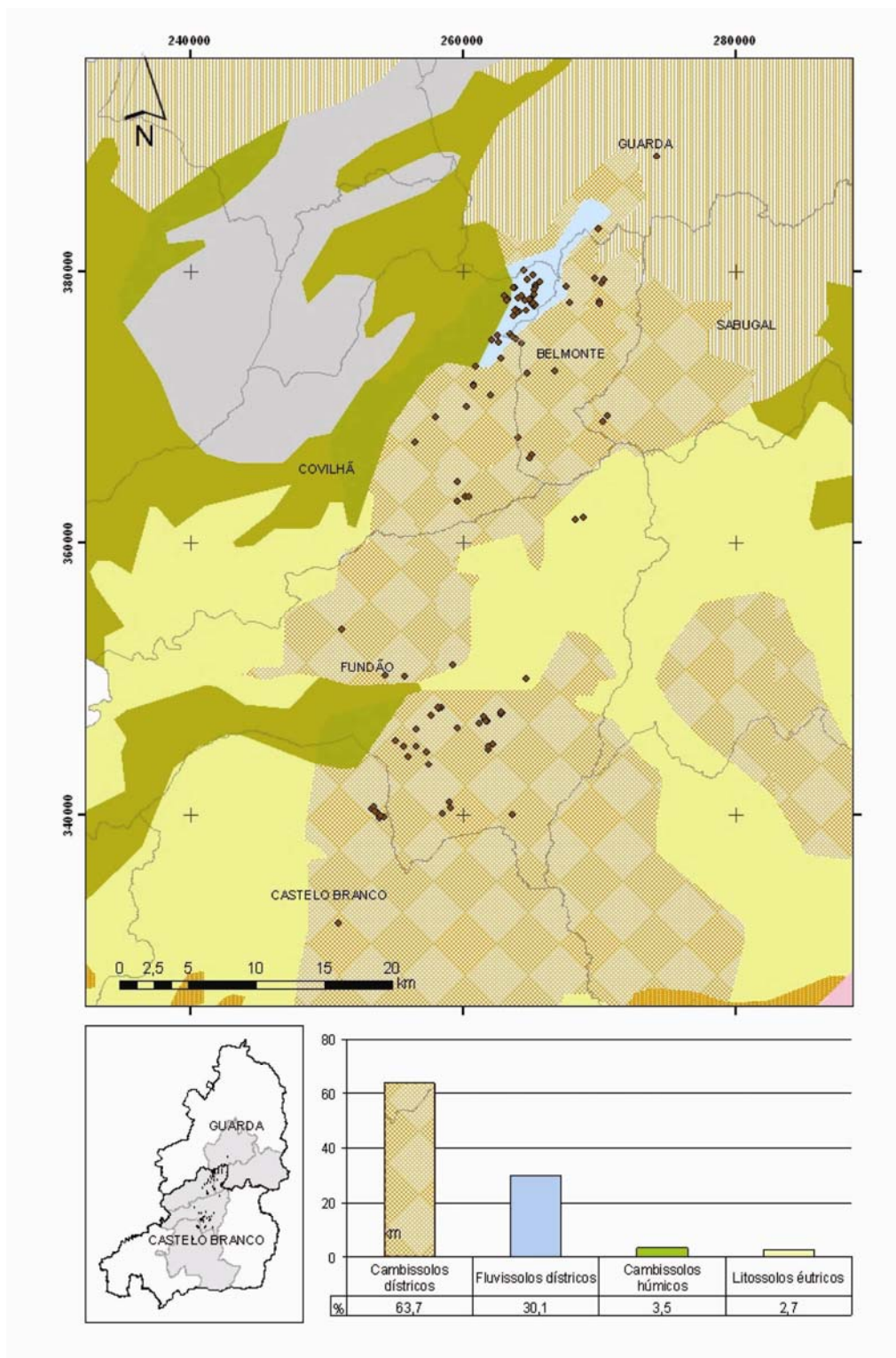


Figura 4.2. Tipos de solo onde se localizam os pomares de pessegueiros na região da Beira Interior.

Na zona norte do concelho da Covilhã, junto às margens do rio Zêzere, numa mancha correspondente a fluvissois dístricos localizam-se 30,1% das parcelas. Estes solos, cuja génese se encontra associada à deposição de materiais resultantes da erosão caracterizam-se por maior teor de argila, relativamente aos cambissolos, tendo por esse facto maior fertilidade, mas podendo por vezes apresentar uma drenagem deficiente (FAO, 2003).

Uma pequena fracção dos pomares encontra-se em cambissolos húmicos (3,5%), correspondendo a pomares que ocupam solos de encosta, e em litossolos, correspondendo a pomares localizados no vale definido pela ribeira da Meimoa.

4.3.3. Idade dos agricultores e área de pessegueiros

A média da idade dos agricultores foi de 53 anos (Fig. 4.3), representando os agricultores com mais de 65 anos apenas 20%, o que é um factor bastante favorável uma vez que na Beira Interior a percentagem de agricultores com mais de 65 anos é de 47,6% (INE, 2001).

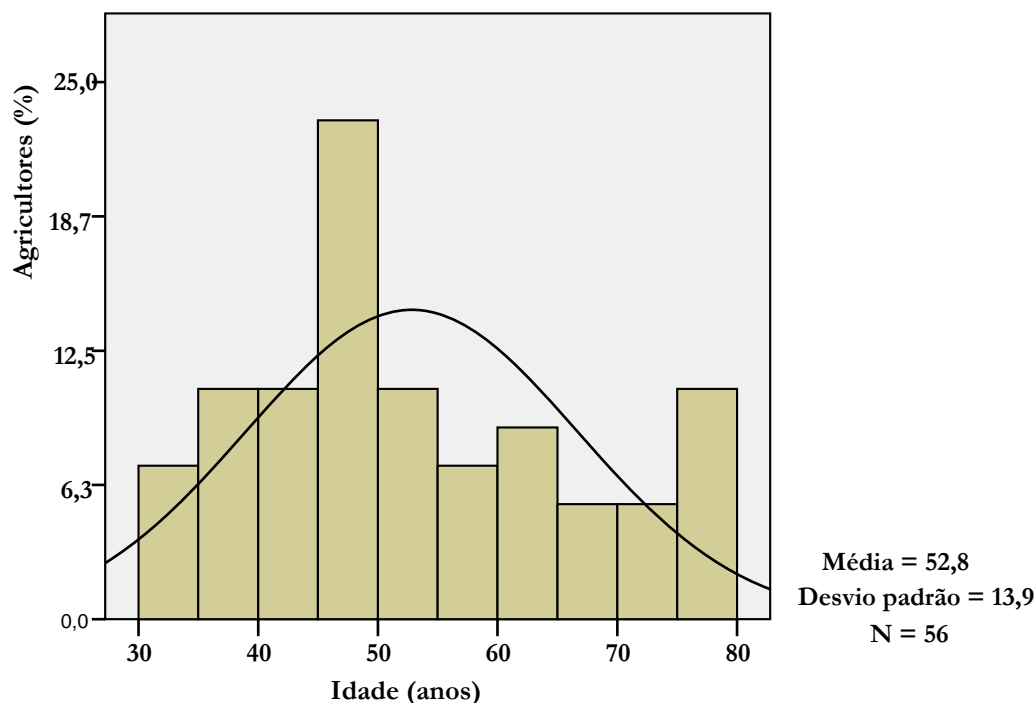


Figura 4.3. Idade dos agricultores.

O conjunto dos agricultores na faixa etária dos 45 aos 54 anos representa 32% (Fig. 4.3 – 4.^a a 5.^a coluna), o que é um factor bastante favorável quando comparado com a frequência de 16% que representa esta faixa etária no conjunto dos agricultores da região.

As mulheres estão representadas apenas com 13,3% do conjunto dos agricultores o que é bastante inferior à sua representação no universo dos agricultores da região, 21,7%. Este resultado merecia um estudo sociológico mais detalhado pois sendo muito do trabalho nos pomares assegurado por mão-de-obra feminina, é de difícil compreensão a sua diminuta presença na gestão das explorações frutícolas.

A dimensão das parcelas está compreendida entre 0,2 ha e 8,5 ha, resultando numa dimensão média da parcela de 1,6 ha (Fig. 4.4.).

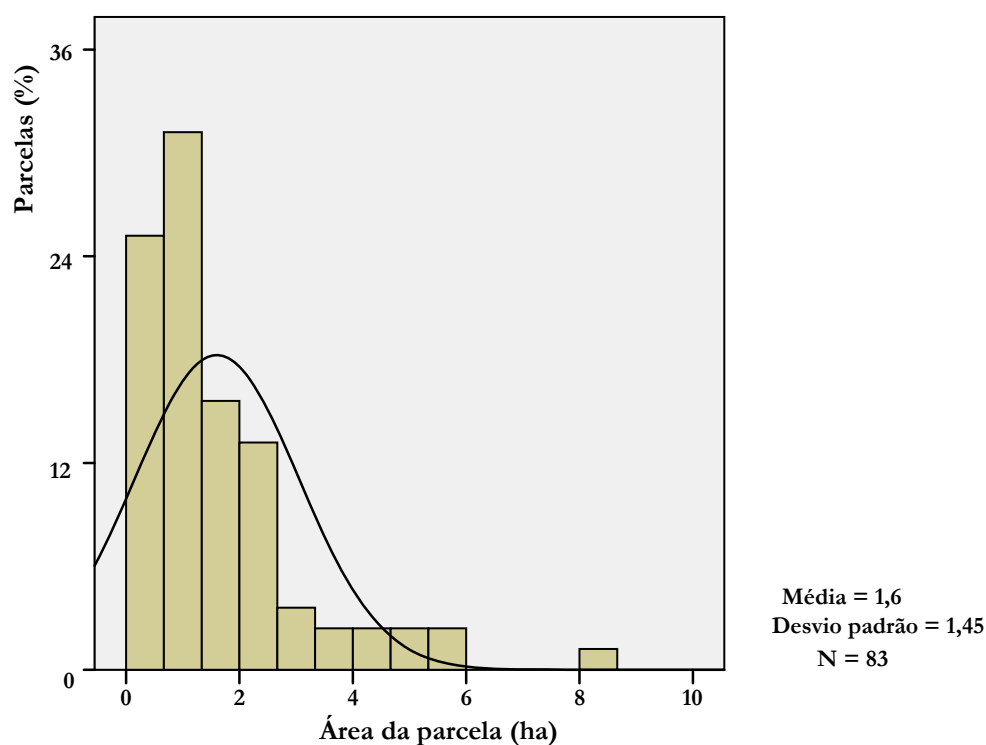


Figura 4.4. Frequência da dimensão da parcela.

As parcelas de pequenas dimensões predominam relativamente às parcelas com área superior a 2 ha, que representam cerca de 30% do total.

Apesar de cerca de 70% das parcelas apresentar uma dimensão reduzida, a área média de pessegueiros explorada por agricultor é de 7,26 ha (Fig. 4.5), indiciando condições mais favoráveis à especialização do agricultor. Comparativamente à área de pomar por agricultor indicada por Lourenço e Rodrigo (1984) relativamente ao distrito da Guarda, verificou-se um aumento de área de cerca de 3,4 vezes, no período dos últimos 30 anos.

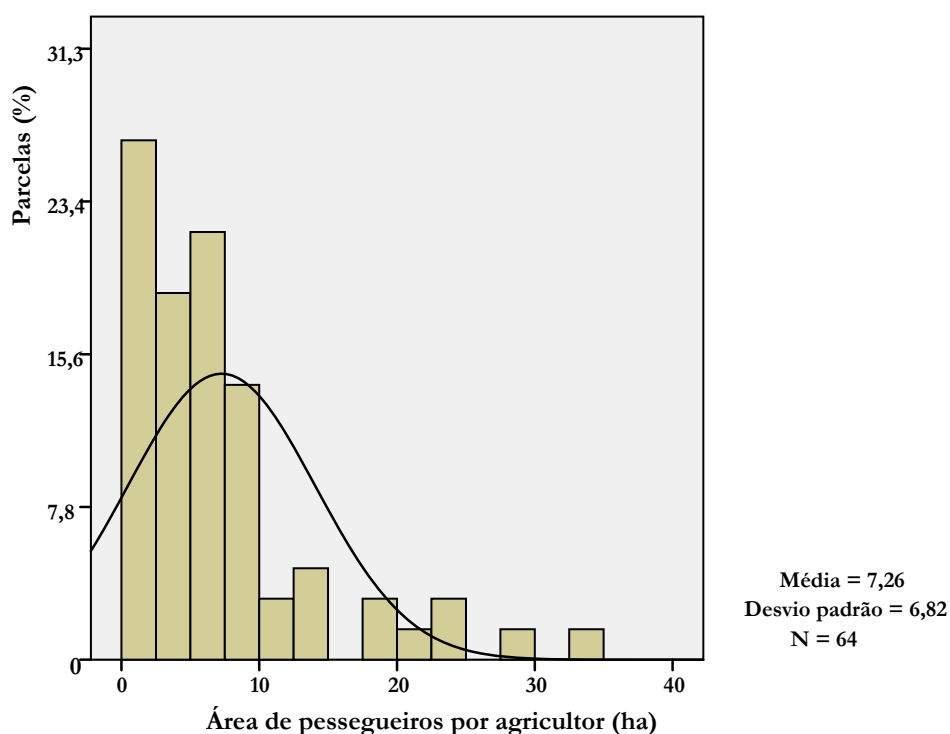


Figura 4.5. Frequência da área de pessegueiros por agricultor.

A pequena dimensão das parcelas apresenta aspectos negativos e aspectos positivos que convém realçar.

Como aspectos negativos destacam-se:

- a) baixa rentabilidade da mecanização;
- b) elevado custo para as OAs em termos de assistência técnica uma vez que as quotas dos associados estão directamente relacionadas com a área inscrita e não têm em consideração a parcela (APPÍZERE, 1996);

c) custos mais elevados em termos de monitorização da fertilidade do solos e estado de nutrição da cultura uma vez que a área total explorada pelo agricultor se encontra repartida por parcelas separadas espacialmente dentro da exploração e que, portanto, segundo o sistema de produção integrada (Cavaco *et al.*, 2006), serão sempre consideradas como parcelas distintas em termos da constituição de unidades de amostragem.

Como aspectos positivos destacam-se:

- a) utilização de mão-de-obra familiar, aspecto particularmente importante não só em termos económicos, como em termos sociais; em termos económicos, uma vez que não sendo habitualmente remunerada a mão-de-obra familiar, a custos de mercado, torna o custo final do produto mais baixo; em termos sociais reveste-se de particular importância na coesão familiar e também na ligação dos jovens à agricultura, contrariando o cariz negativo que a sociedade portuguesa, e particularmente o meio escolar, desenvolveu em relação ao sector agrícola;
- b) diversidade ecológica; a pequena dimensão das parcelas está frequentemente associada à fragmentação da propriedade e também às condições orográficas; as parcelas desenvolvem-se de acordo com a disposição dos terraços da exploração; nestas situações é frequente a manutenção de espécies diversas nos limites das parcelas, aspecto que, embora não quantificado, terá um impacto positivo no equilíbrio ecológico; este aspecto poder-se-ia tornar ainda mais positivo se se incrementasse o número de espécies com maior capacidade de funcionar como refúgio ecológico (Morales *et al.*, 1992; Baudry *et al.*, 2000; Firbank, 2005).

No sistema de produção integrada a biodiversidade deve ser incrementada o que pode ser alcançado através da menor dimensão das parcelas (Malavolta *et al.*, 2003). Países em que as culturas são exploradas de um modo mais intensivo terão, seguramente, maior dificuldade em ceder parte de superfície produtiva para a instalação de refúgios ecológicos. Na região da Beira Interior essa descontinuidade da cultura está presente na grande maioria das explorações, sendo apenas necessária a sua valorização e beneficiação.

4.3.4. Caracterização das plantas

O pessegueiro é uma árvore de fraca longevidade comparativamente a outras fruteiras, sendo-lhe atribuído um período de 10 anos de vida útil (Ferreira, 1988). A planta é precoce

a entrar em produção mas envelhece rapidamente, o que se traduz por uma frequente necessidade de renovação dos pomares.

No conjunto das parcelas amostradas a idade média dos pomares era de 9 anos (Fig.4.6), considerando a recolha de dados em Dezembro de 2006 e que o ano de plantação corresponde a um ciclo vegetativo, uma vez que, na região, as plantações decorrem na Primavera. Verifica-se ainda que 21,7% dos pomares apresentavam idade superior a 11 anos e 32,7% apresentavam uma idade inferior a 5 anos.

A frequente renovação de pomares de pessegueiros permite a instalação de novas cultivares, e, uma vez que raramente é conhecida a sua adaptação à região, os agricultores pioneiros assumem funções experimentais.

A forma de condução mais frequente é o vaso, estando a forma em eixo e o “gobelet” apenas presente em 6% das parcelas estudadas.

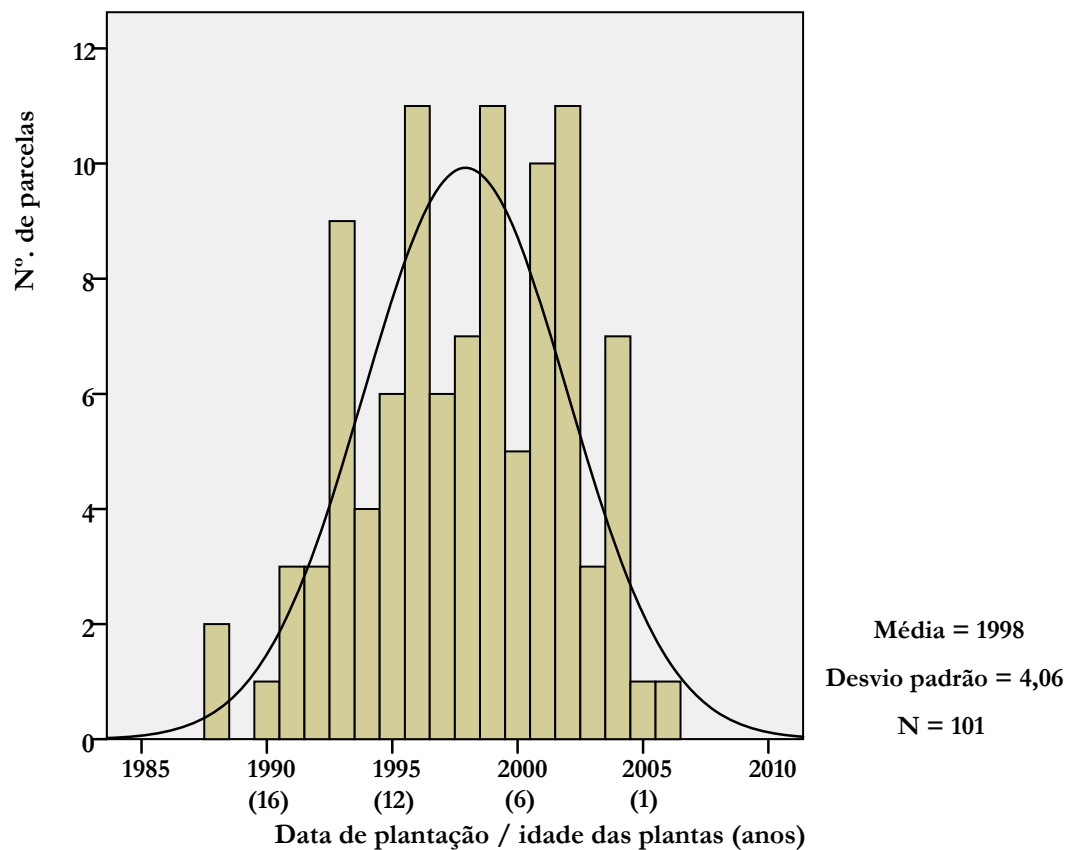


Figura 4.6. Número de pomares por data de plantação (ano de plantação) e idade das plantas (anos).

A ampla utilização da forma de condução em vaso prende-se com a dispensa de utilização de dispositivos de elevação, quer sejam plataformas ou escadotes, o que representa uma grande vantagem em parcelas de dimensão reduzida e, simultaneamente, por ser de fácil execução e manutenção.

A densidade de plantas utilizada em 27% dos pomares amostrados foi de 889 plantas·ha⁻¹ (Fig. 4.7), o que resulta da frequente utilização do compasso de 4,5 m x 2,5 m. Em cerca de 18% dos pomares é utilizado um compasso de 4 m x 2,5 m que corresponde a uma densidade de 1000 plantas·ha⁻¹, e, em cerca de 15% dos pomares é utilizado um compasso de 4 m x 2 m do qual resulta uma densidade de 1250 plantas·ha⁻¹.

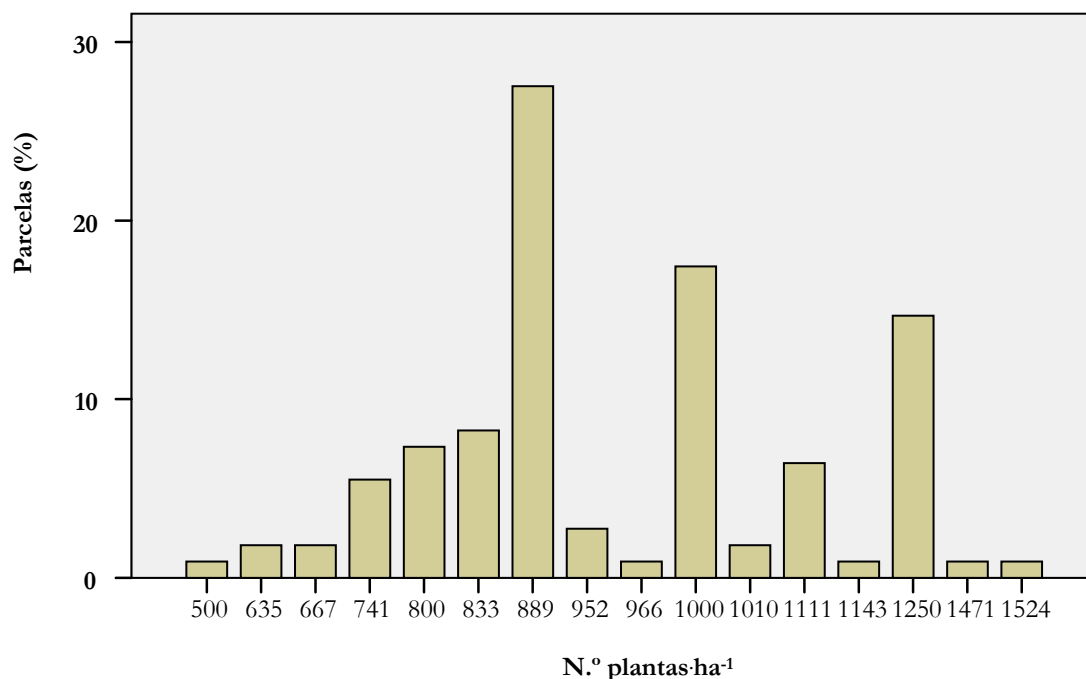


Figura 4.7. Frequência da densidade de plantas.

A densidade de plantas ideal é aquela que permite a maior exploração do solo com a mínima competição entre plantas, estando dependente da fertilidade do solo, do vigor das plantas e por conseguinte do porta-enxerto, das disponibilidades hídricas e da forma de condução. As densidades de plantação observadas na região podem ser consideradas elevadas, tendo em conta que a maioria dos pomares apresentam a forma de condução em

vaso e os porta-enxertos mais frequentemente utilizados são GF 305 e Montclar, qualquer deles considerado vigoroso (Lampreia, 2001). DeJong e Day (1989) referem, para esta forma de condução, compassos de 5 m x 5 m e 5 m x 6 m. Vidaud (1982) refere, como distância mínima na linha, 3 m para forma de condução em volume e Lonescu e Giauque (2004) referem compassos de 5,5 m x 3 m e 6 m x 3,5 m.

A densidade elevada estará relacionada com a menor fertilidade do solo, que pode ainda estar associada a baixas disponibilidades hídricas, o que, isoladamente ou em associação, induz a menor volume de cada planta. Frequentemente a elevada densidade traduz-se por um ensombramento das plantas conduzindo à difícil renovação dos órgãos frutíferos na parte inferior da copa, o que poderá reduzir a produção (Lonescu e Giauque, 2004).

4.3.5. Património edáfico da cultura do pessegueiro na região da Beira Interior

As análises de terra utilizadas neste trabalho, referentes à profundidade 0-30 cm, foram realizadas entre 2000 e 2006, com uma predominância em 2004 (Fig. 4.8), que representa 28% do total das análises utilizadas. O maior número de análises correspondente a 2004, está relacionado com o maior número de autorizações para a prática da protecção e produção integrada, observado nesse ano (Amaro, 2005).

Do total das 117 análises de terra disponíveis, para além da análise sumária que inclui a determinação da textura de campo, pH, teor de matéria orgânica (MO), fósforo e potássio, 90 análises (77%) incluíam o teor de magnésio, 82 (70%) o teor de boro, 48 (41%) o teor de zinco e 40 (34%) incluíam o teor dos micronutrientes ferro, manganês e cobre. Apenas 22 análises (19%) incluíam a caracterização da capacidade de troca catiónica (CTC).

O facto de 77% das análises incluírem a determinação do teor de magnésio é indicador de alguma preocupação dos agricultores sobre a disponibilidade deste nutriente no solo, resultando, possivelmente, de alguma experiência anterior sobre a deficiente disponibilidade deste nutriente.

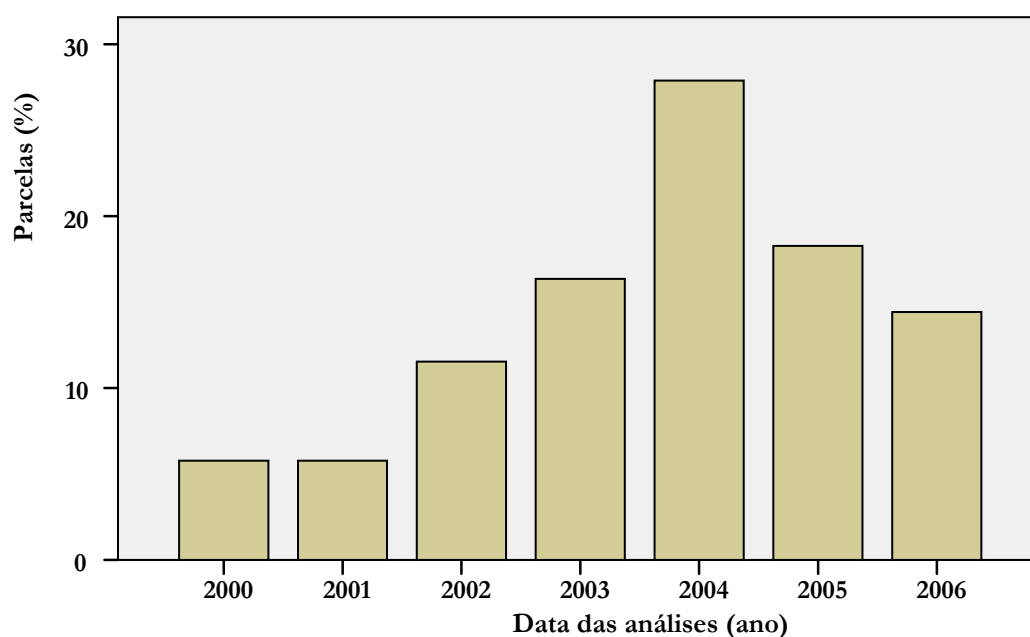


Figura 4.8. Distribuição percentual do número de análises de terra efectuadas por ano.

4.3.5.1. Textura

A textura de campo é grosseira em 90% das parcelas, o que indica condições favoráveis em termos de arejamento e drenagem mas, simultaneamente, uma baixa fertilidade do solo em consequência do baixo poder de retenção de nutrientes (Varenes, 2003), que advém da fraca proporção de partículas com propriedades coloidais. Apenas 5% das parcelas apresentam uma textura fina e os restantes 5% correspondem a uma textura média.

4.3.5.2. Matéria orgânica e pH

As Figuras 4.9 e 4.12 mostram, respectivamente, a distribuição de frequência dos resultados analíticos das parcelas observadas por classes de teor de MO e nível de pH (H₂O).

O teor de MO apresenta um valor médio de 1,5%, valor considerado baixo (LQARS, 2006). Apenas cerca de 30% das amostras apresentam valores de MO superiores a 1,5%, o que põe em evidência a baixa fertilidade dos solos. Este aspecto poderá ser melhorado a longo prazo com a adopção de práticas culturais como a incorporação de correctivos orgânicos, a redução da mobilização dos solos e a adopção do enrelvamento da entrelinha.

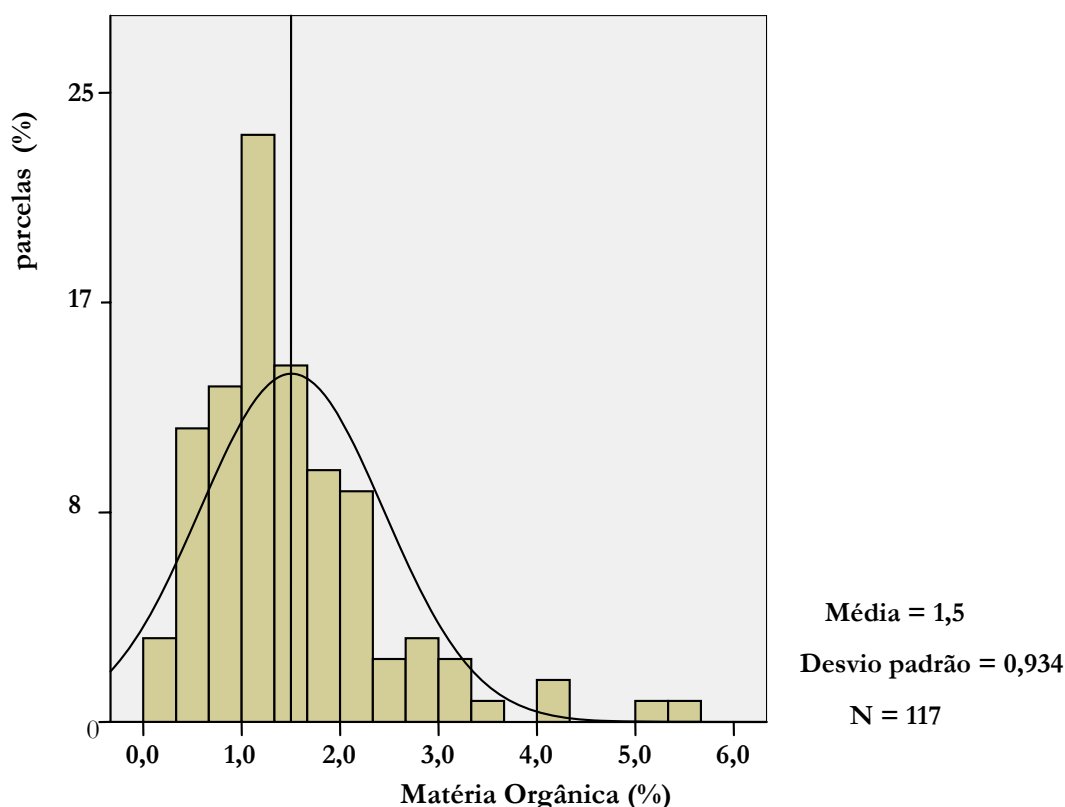


Figura 4.9. Teor de matéria orgânica a 0-30 cm de profundidade.

A análise do teor de MO nos pomares a norte e sul da Gardunha permite verificar a ocorrência de maior proporção de pomares com um teor médio a elevado de MO nos pomares a sul da Gardunha (Fig. 4.10 e 4.11). Esta situação pode indicar um maior cuidado na aplicação de MO, nas explorações a sul da Gardunha uma vez que, tratando-se do mesmo tipo de solo e sendo a temperatura média superior, seria de esperar menores teores de MO.

Nos pomares a norte da Gardunha apenas se verifica um caso com teor de MO alta, localizando-se a maioria dos pomares com teor médio na zona correspondente aos fluvissoles. Fora desta zona, predominam os pomares com teores de MO baixa e muito baixa, o que será sempre um factor negativo. A incorporação regular de MO nos pomares, contribuirá para a melhoria do teor de MO do solo, considerando um prazo longo.

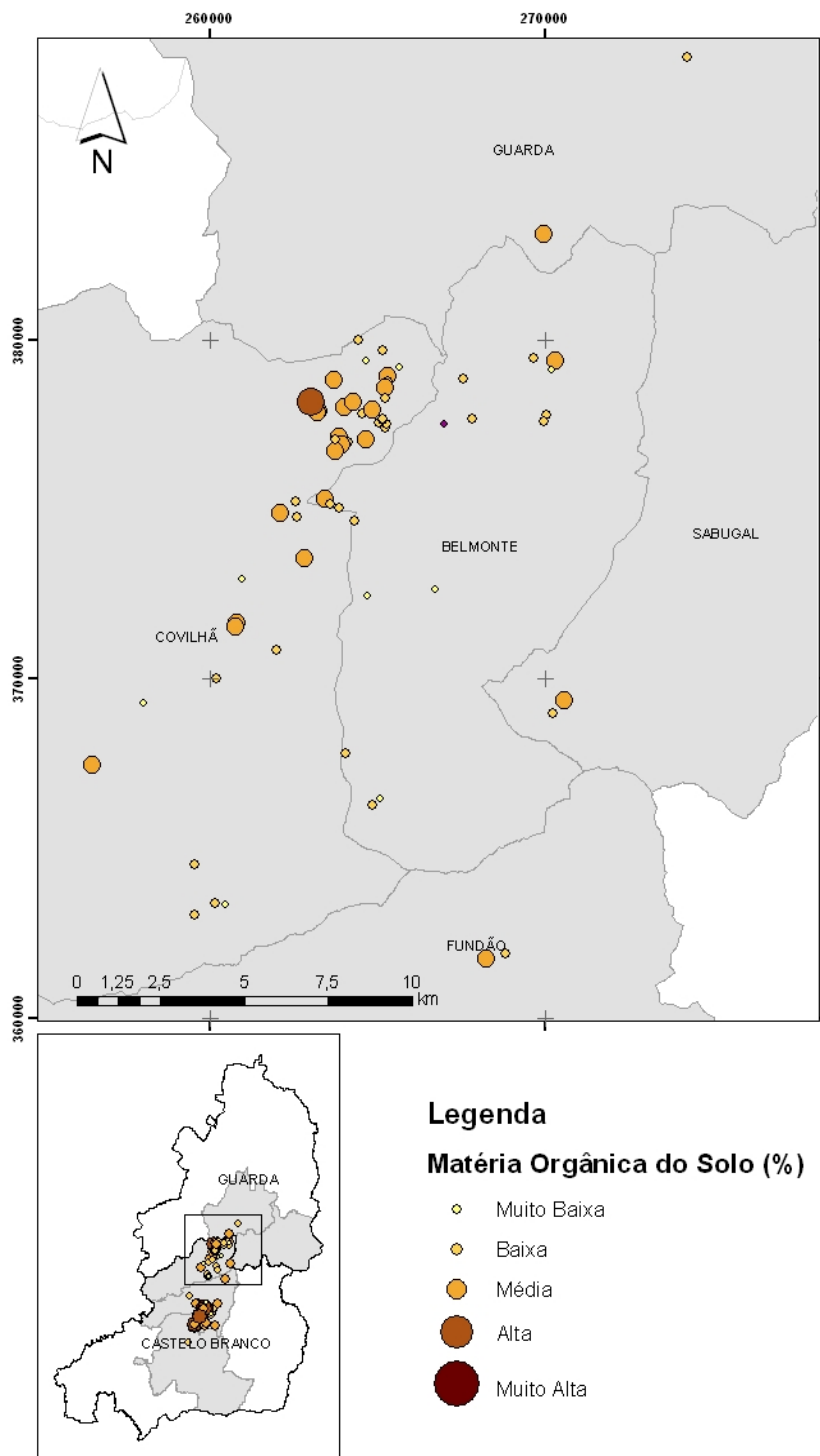


Figura 4.10. Teor de matéria orgânica a 0-30 cm de profundidade, nos pomares a norte da Gardunha.

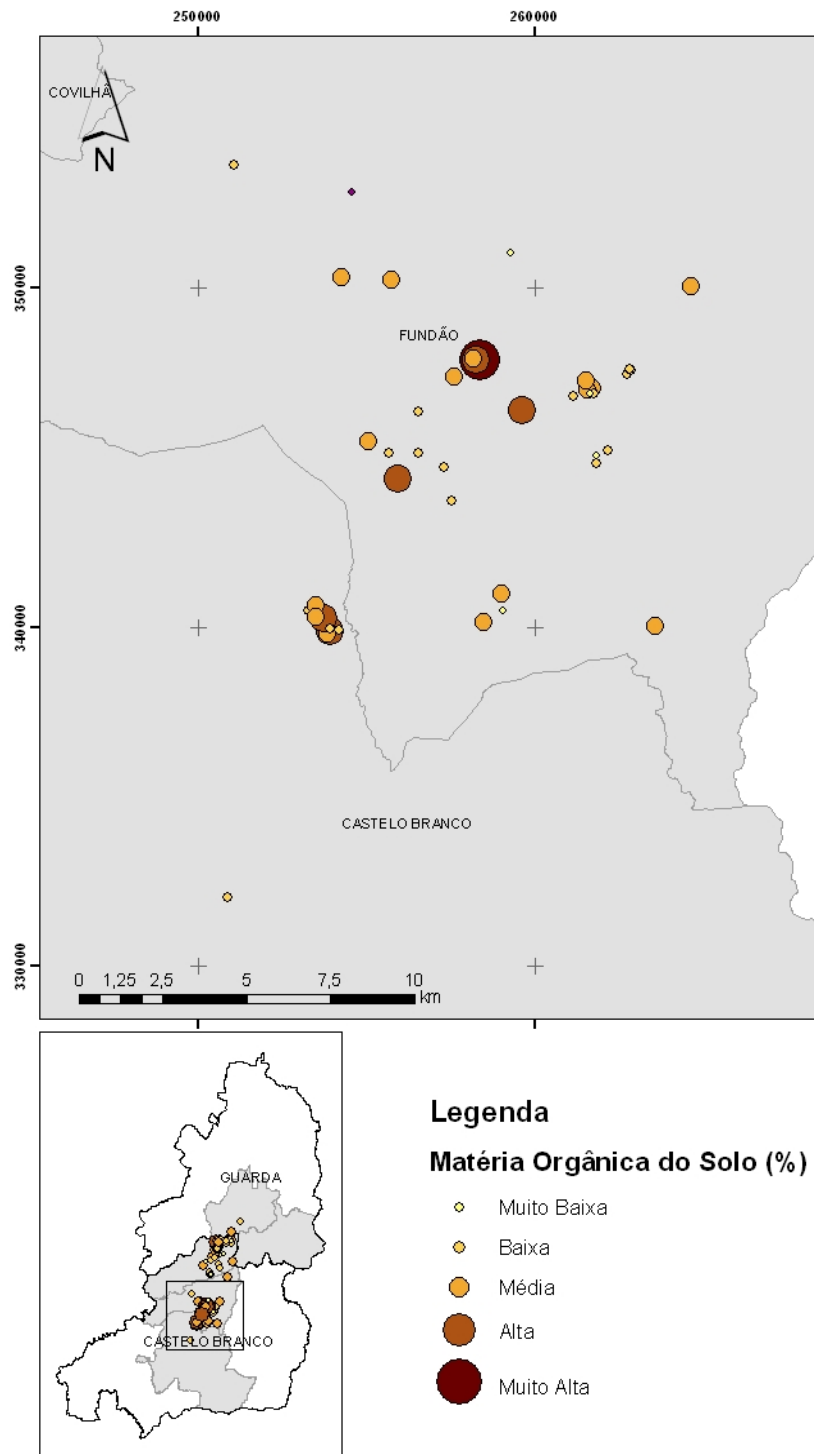


Figura 4.11. Teor de matéria orgânica a 0-30 cm de profundidade, nos pomares a sul da Gardunha.

O pH é ácido na maioria dos solos (Fig. 4.12), apresentando um valor médio de 5,7, com valores compreendidos entre 5,1 e 6,2 em 68% das amostras. Apenas uma reduzida percentagem das amostras apresenta valores de pH superiores a 6,5.

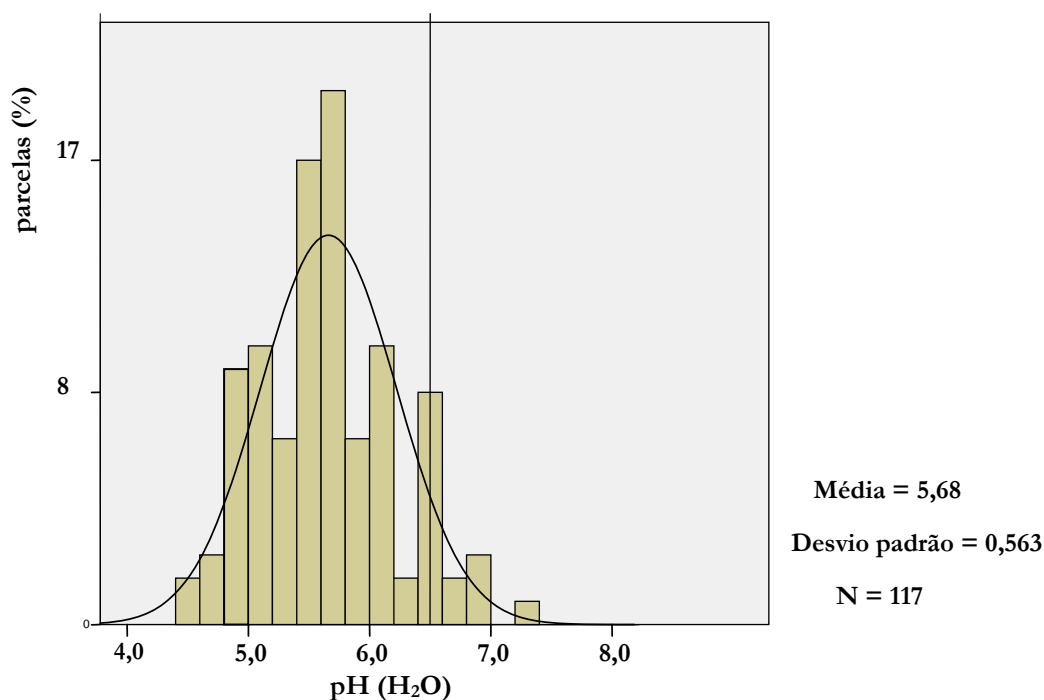


Figura 4.12. Valor de pH (H₂O) do solo a 0-30 cm de profundidade.

O pH baixo é, em termos edáficos, um factor bastante limitante ao equilíbrio nutricional das plantas uma vez que conduz a condições desfavoráveis no solo designadamente no que diz respeito às suas propriedades físicas, à actividade microbiana (Laegreid *et al.*, 1999) e, também, no que se refere à disponibilidade dos nutrientes. Em termos culturais, a acidez do solo não apresenta grande dificuldade de correcção, desde que a calagem seja realizada à plantação e a evolução do pH seja acompanhada através de um programa adequado de análises de terra estabelecido para a parcela.

A constatação deste resultado, relativamente à acidez do solo, vem pôr em evidência a pertinência de implementação de medidas globais capazes de potenciar a região através do maior equilíbrio em termos do potencial edáfico, à semelhança do programa PROCALFER que decorreu na década de 80. O programa mencionado, cujo objectivo foi

“o aumento da produção, da produtividade dos factores de produção e da qualidade dos produtos da agricultura” através “de um projecto de fertilização e correcção” compreendeu, entre outras acções, a distribuição e aplicação de calcário para a correcção da acidez dos solos e, através desta, promoveu o aumento de produção das culturas (Carvalho, 1988a). No âmbito deste programa aplicaram-se 69800 t de calcário na região da Beira Interior (Carvalho, 1988b). A correcção da acidez através da incorporação de calcário trouxe bastantes benefícios para as quatro regiões envolvidas, embora nem sempre esses benefícios fossem de fácil contabilização (Carvalho, 1988c).

Na comparação entre os pomares a norte e a sul da serra da Gardunha verifica-se que a situação é mais desfavorável na zona norte (Fig. 4.13 e 4.14), relativamente à zona sul, à semelhança do observado para a MO.

Em 60% dos pomares, situados a norte da serra da Gardunha, o pH situa-se entre 4,6 e 5,5, o que indica ausência de correcção, e apenas 8% dos pomares apresentam pH neutro, indicativo da aplicação de correctivos do solo por parte dos agricultores (Fig.4.13). Nesta zona observou-se um pomar com um pH inferior a 4,5, o que indica condições bastante desfavoráveis, e, uma vez que o pH foi ainda mais baixo que o pH indicado pela carta de solos (IA, 1998), reflecte a aplicação ao solo de materiais acidificantes. Tratando-se de um pomar localizado em zona de encosta, com baixo teor de matéria orgânica (Fig. 4.13), a correcção da acidez deveria ser prioritária.

A sul da serra da Gardunha 13% dos pomares apresentavam solo com um pH neutro, 64% com um pH entre 5,6 e 6,5 e apenas 23% dos pomares apresentavam um pH compreendido entre 4,6 e 5,5, o que indica que a maioria dos agricultores (77%) procede à correcção do pH.

À semelhança do referido para a MO, e uma vez que maioritariamente se trata no mesmo tipo de solo, o facto de serem os valores de pH mais próximos da neutralidade na zona sul da serra da Gardunha sugere maior profissionalismo dos agricultores nesta zona.

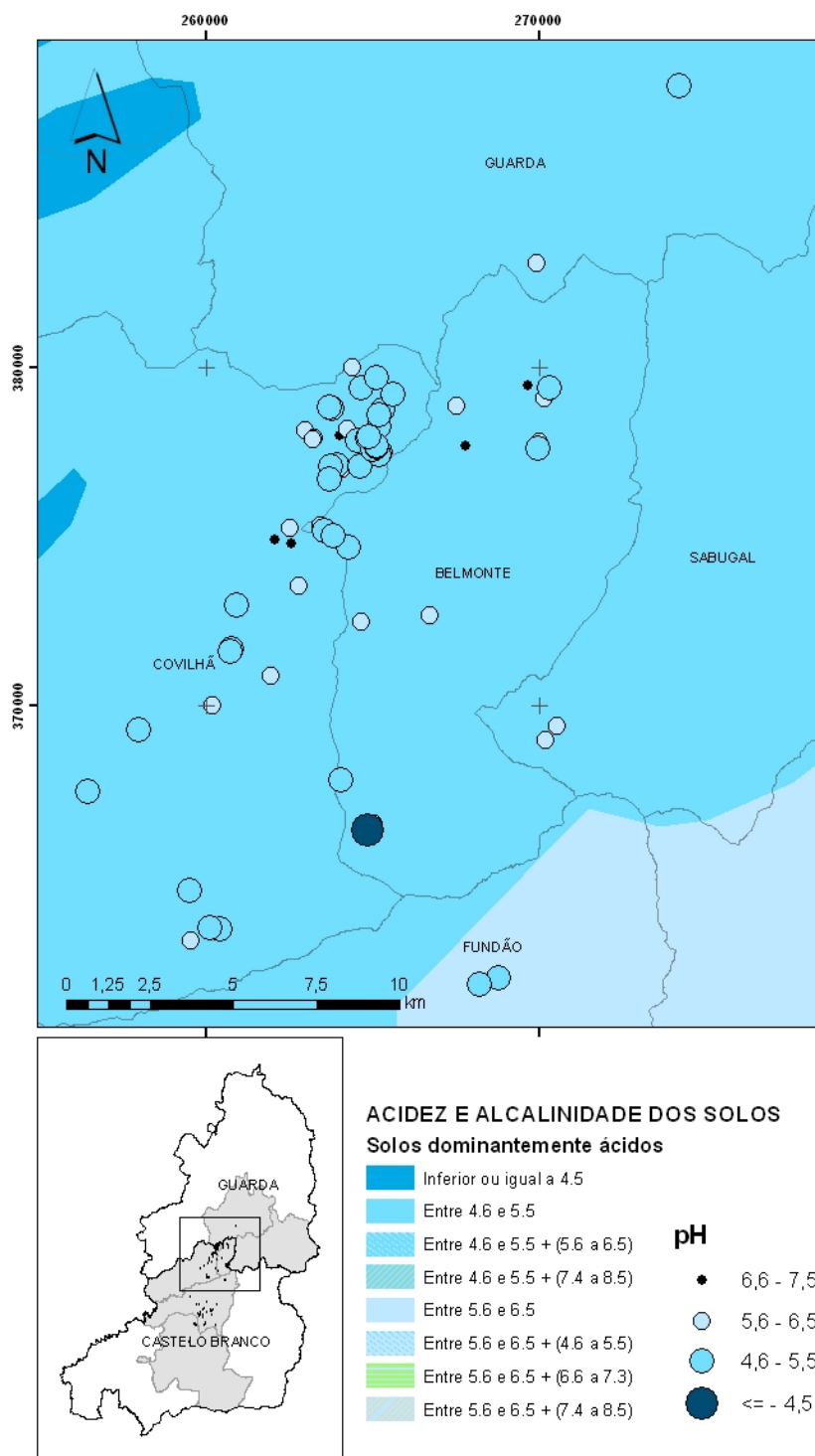


Figura 4.13. Valor de pH a 0-30 cm de profundidade, nos pomares a norte da serra da Gardunha, em conjugação com a carta de pH do Atlas do Ambiente digital.

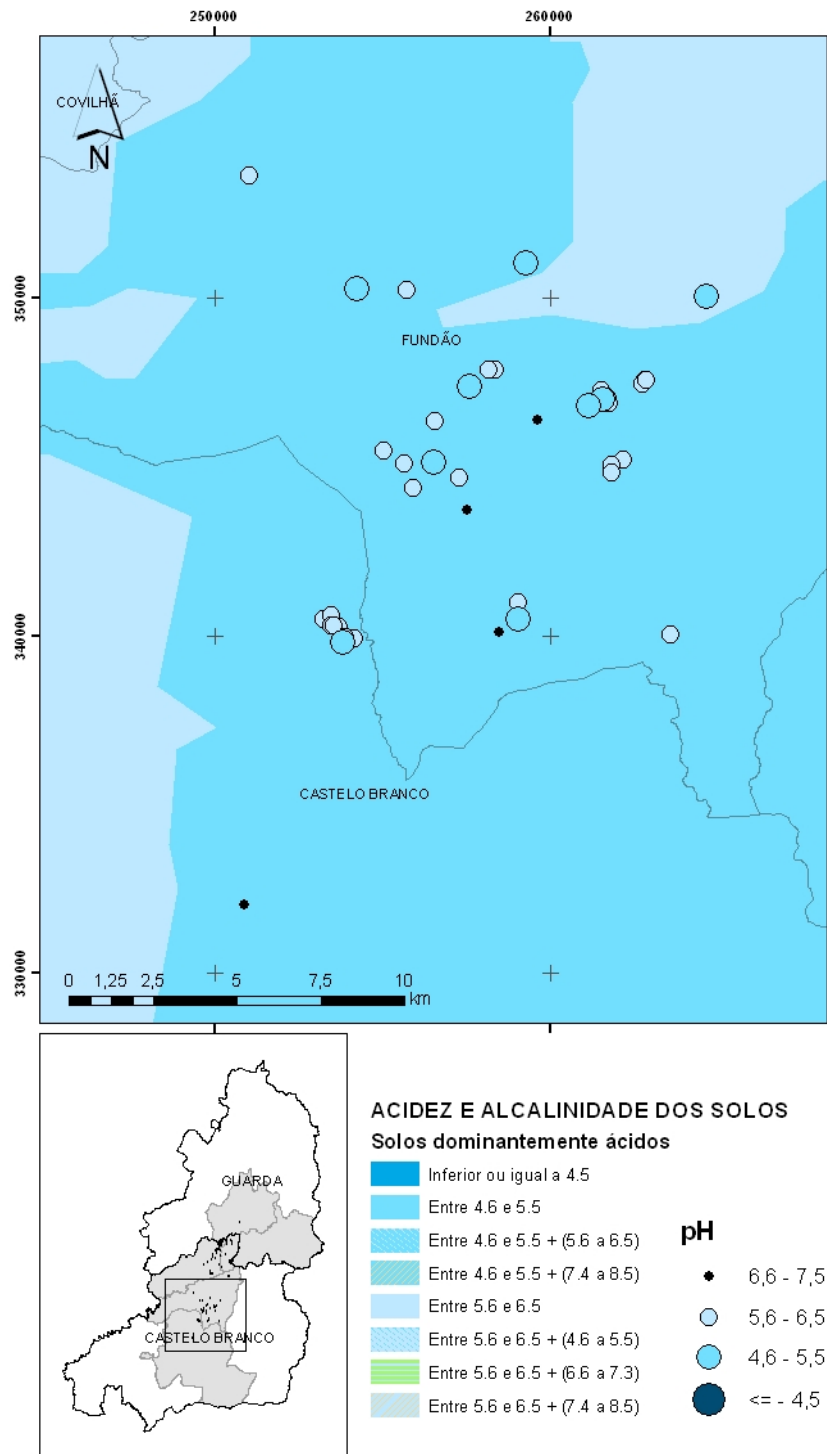


Figura 4.14. Valor de pH a 0-30 cm de profundidade, nos pomares a sul da serra da Gardunha, em conjugação com a carta de pH do Atlas do Ambiente digital.

4.3.5.3. Fósforo, potássio e magnésio extraíveis

O teor de fósforo apresentou valores elevados na maioria das parcelas, verificando-se que em cerca de 40% das parcelas o teor de fósforo extraível era superior a 200 mg·kg⁻¹ (Fig. 4.15). Apenas 9% dos pomares apresentaram baixos teores de fósforo extraível (<50 mg·kg⁻¹) e 21% apresentaram teores médios (entre 50 mg·kg⁻¹ e 100 mg·kg⁻¹).

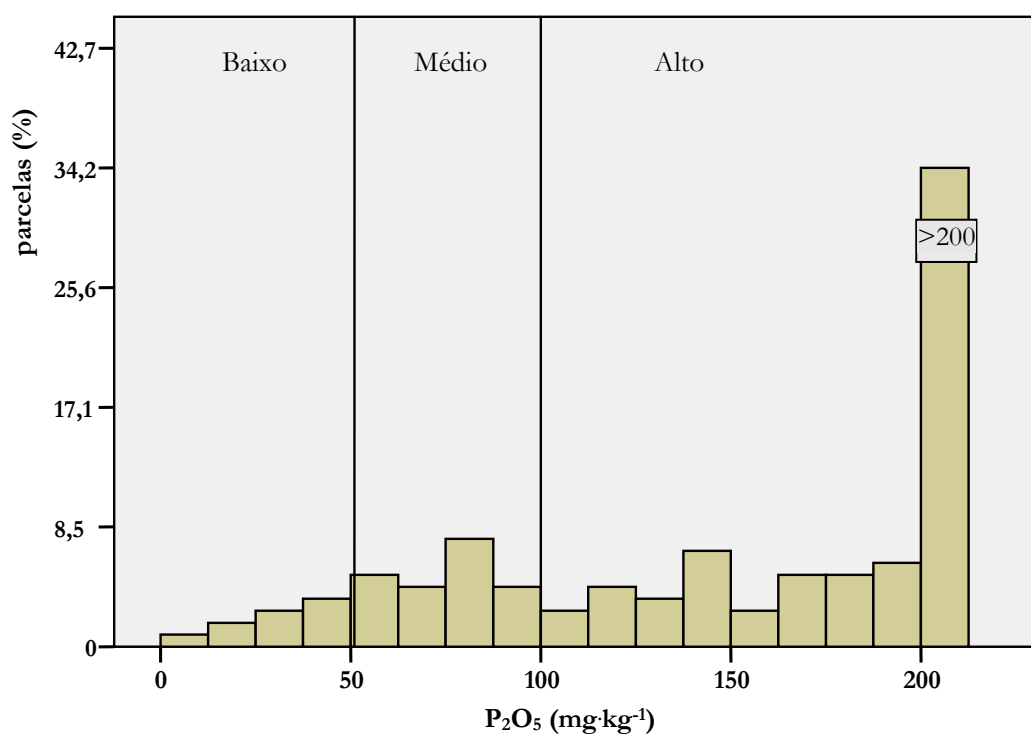


Figura 4.15. Valores de fósforo extraível a 0-30 cm de profundidade.

O teor de fósforo elevado resulta da aplicação frequente de fertilizantes, sendo uma pequena fracção lixiviada, e não da abundância natural deste elemento (LQARS, 2006).

O teor de potássio extraível foi superior a 200 mg·kg⁻¹ em 70% das parcelas (Fig. 4.16), observando-se um teor baixo em apenas uma parcela.

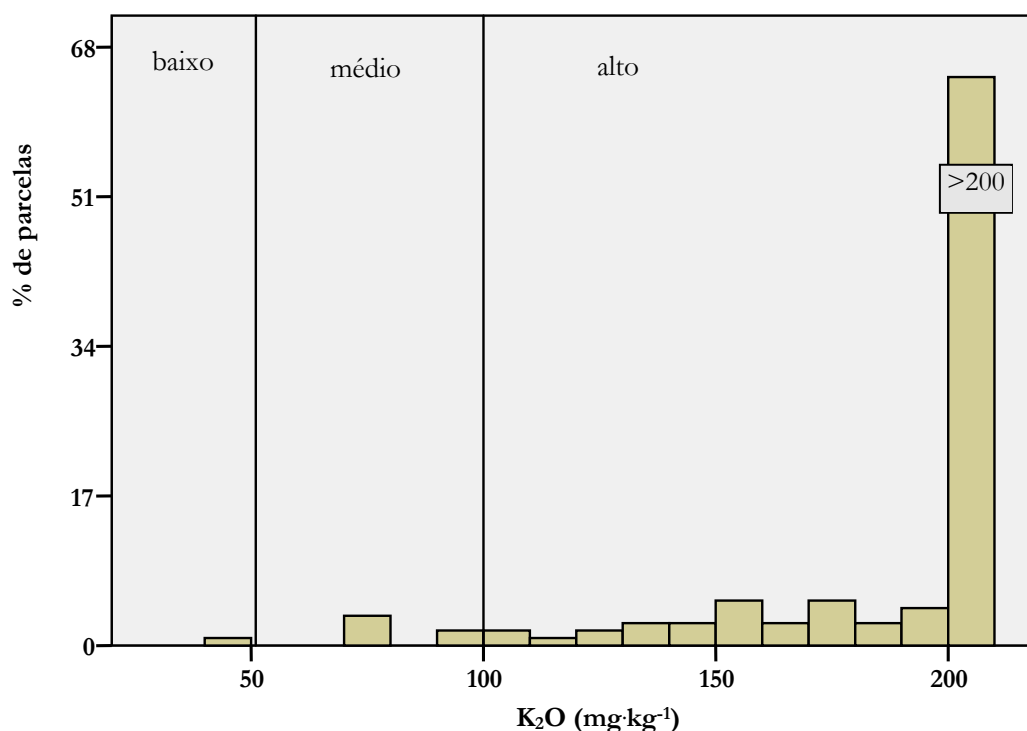


Figura 4.16. Valores de potássio extraível a 0-30 cm de profundidade.

Enquanto no caso do fósforo os valores elevados resultam essencialmente da incorporação de fertilizantes fosfatados, no caso do potássio, os valores elevados advêm essencialmente do tipo de solo, maioritariamente de origem granítica, embora também, à semelhança do fósforo, resulte da incorporação sistemática de fertilizantes com elevada proporção de potássio.

A elevada disponibilidade de potássio observada na maioria das parcelas é um factor bastante positivo para a cultura do pessegueiro, uma vez que a necessidade desta cultura em potássio é elevada, na mesma ordem de grandeza do azoto (Soing *et al.*, 1999). Contudo, essa elevada disponibilidade de potássio na solução do solo pode conduzir à dificuldade de assimilação relativamente a outros nutrientes, designadamente magnésio (Strand, 1999; Varennes, 2003).

O teor de magnésio foi baixo (<60 mg·kg⁻¹) em cerca de 45% das parcelas, observando-se, no entanto, que 15% das parcelas apresentavam teores superiores a 125 mg·kg⁻¹ (Fig.4.17).

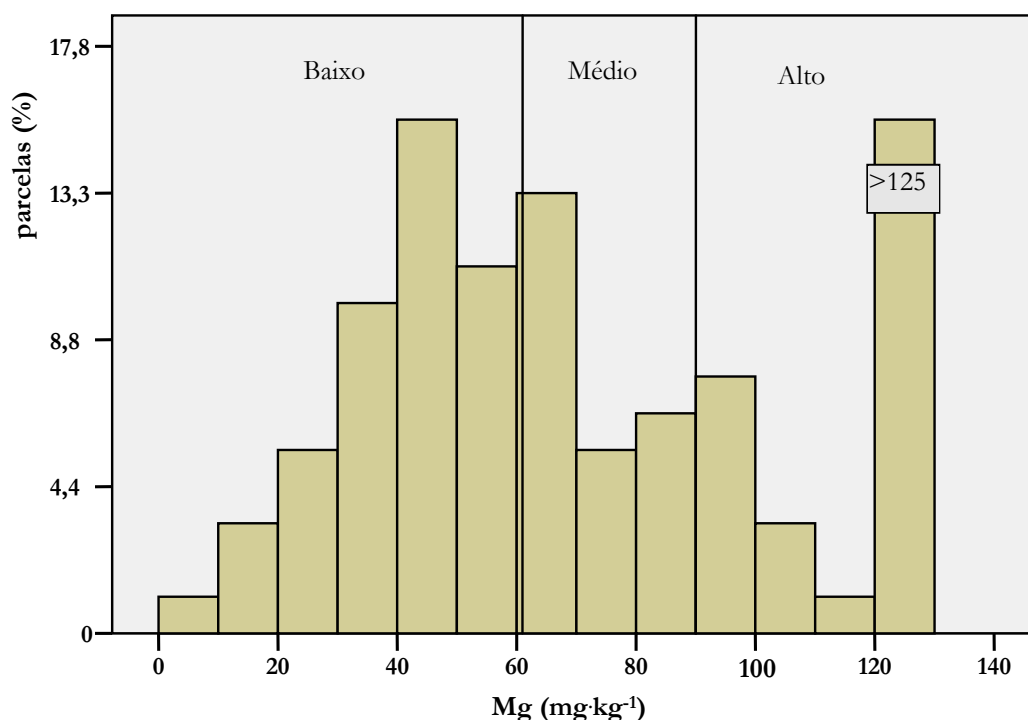


Figura 4.17. Valores de magnésio extraível a 0-30 cm de profundidade.

No que respeita à disponibilidade de magnésio, verifica-se, através da análise da Figura 4.17, que cerca de 15% das parcelas apresentam valores muito elevados (>125 mg·kg⁻¹), mas que, em cerca de 50%, os valores são inferiores a 61 mg·kg⁻¹, o que é considerado um teor baixo (LQARS, 2006). Ora, sendo o magnésio um elemento que favorece a assimilação do azoto e do fósforo, tendo também uma acção determinante na síntese dos açúcares, e, por consequência, na qualidade dos frutos (Soing *et al.*, 1999), é importante que, aquando da realização da calagem, se opte, na maioria das situações, pela incorporação de calcários magnesianos.

4.3.5.4. Complexo de troca catiónica

Os resultados referentes ao complexo de troca catiónica podem ser observados nas Figuras 4.18, 4.19 e 4.20, em que se apresentam, respectivamente, a capacidade de troca catiónica total (CTC), a proporção de bases de troca e a relação Ca/Mg no complexo de troca.

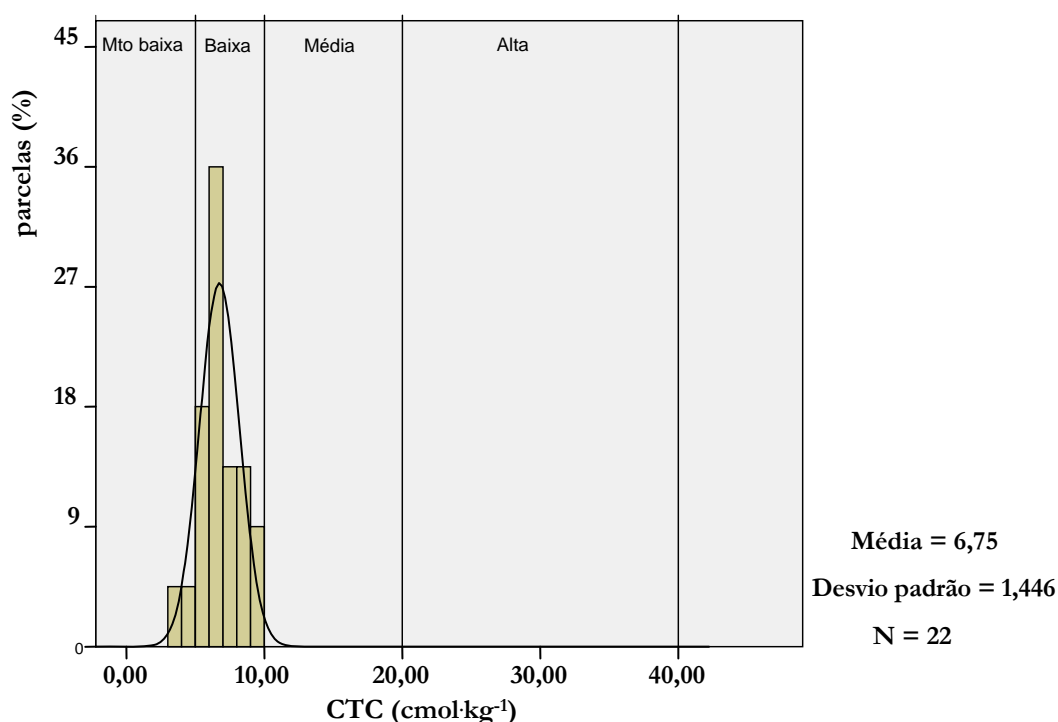


Figura 4.18. Capacidade de troca catiónica (CTC) a 0-30 cm de profundidade.

A CTC apresenta, em média, um valor baixo, $6,75 \pm 1,45$ cmol.kg⁻¹ (LQARS, 2006), o que resulta essencialmente do facto de se tratar de solos de textura grosseira e, portanto, com baixo teor de argila, facto que, aliado ainda ao baixo teor de matéria orgânica, conduz à diminuta proporção de partículas coloidais. O valor de CTC mais elevado foi de 9,37 cmol.kg⁻¹, não podendo, por este facto, nenhum solo ser classificado com valor médio de CTC.

Para além do valor baixo da CTC, a Figura 4.19, permite ainda constatar que o grau de saturação em bases é baixo, com um valor médio de cerca de 53%.

Para além da baixa capacidade de troca catiónica e baixo grau de saturação em bases, acresce ainda o facto de a proporção de magnésio de troca ser particularmente baixa (média de 7%), o que conduz a um valor médio da razão Ca/Mg de 6,49 (Fig. 4.20), valor acima do limite superior do intervalo considerado adequado para a expressão correcta das propriedades físicas do solo e para a nutrição das plantas. De acordo com LQARS (2006), quando a relação Ca/Mg na CTC é superior a quatro, indica uma situação desfavorável para a nutrição das plantas em magnésio.

O grau de saturação em potássio (Fig. 4.19) apresenta um valor médio elevado (6%), o que está de acordo com os elevados valores do solo em potássio extraível (Fig. 4.16).

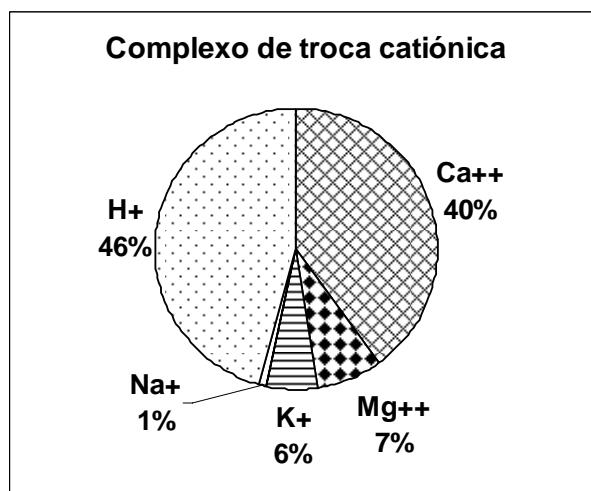


Figura 4.19. Grau de saturação e distribuição percentual das bases de troca no complexo de troca catiónica a 0-30 cm de profundidade.

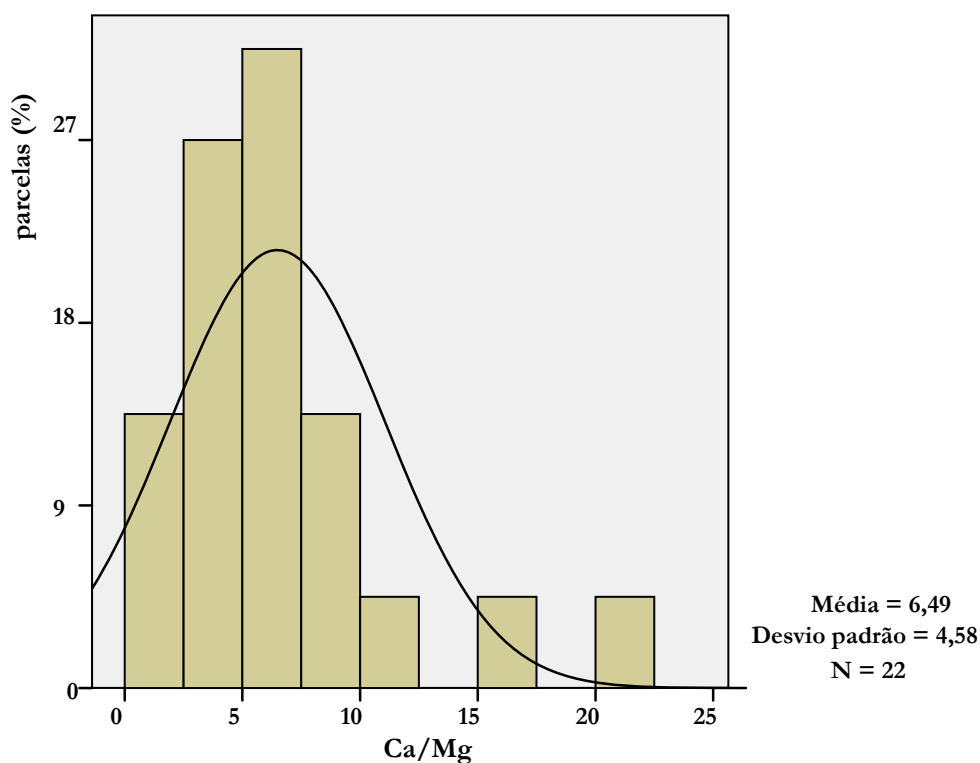


Figura 4.20. Relação Ca/Mg no complexo de troca catiónica.

O elevado valor de potássio de troca conduz a um valor da razão Ca/K de 7,2, valor relativamente baixo mesmo para solos em que o tipo de argila predominante seja a caulinite (Costa, 1975). Embora esta baixa relação Ca/K possa interferir na assimilação de cálcio, da compilação dos resultados referentes às análises foliares não se observaram teores foliares

de cálcio baixos nem teores de potássio elevados, contrariamente aos resultados alcançados no acompanhamento dos dez pomares da cv. Rich Lady (ponto 5).

4.4. Conclusões

Os pomares de pessegueiros da Beira Interior localizam-se na Cova da Beira e junto ao sopé da encosta sul da serra da Gardunha. Os solos são predominantemente do tipo cambissolos, onde se localizam 63,7% das parcelas, e do tipo fluvisolos, onde se localizam 30,1% das parcelas. Os fluvisolos aparecem na região norte do concelho da Covilhã, junto às margens do rio Zêzere, nas freguesias de Vale Formoso e Orjais.

Os pomares são geridos por agricultores com uma média de idade de 53 anos, sendo bastante mais jovens que o conjunto dos agricultores da região.

A dimensão média da parcela é cerca de 1,6 ha mas a média de área de pessegueiro por agricultor é superior a 7 ha.

Os pomares apresentam uma idade média de 9 anos, são frequentemente renovados, observando-se a plantação de novas parcelas todos os anos.

A densidade mais frequente é de 889 a 1000 plantas/ha, com uma distância na entrelinha de 4 m a 4,5 m e uma distância na linha de 2 m a 2,5 m.

Os solos são maioritariamente de textura grosseira, ácidos e de baixa fertilidade. A textura grosseira traduz-se por condições de elevado arejamento e permeabilidade, condições essas particularmente favoráveis à cultura do pessegueiro, uma vez que é uma espécie muito sensível à asfixia radicular resultante de fenómenos de encharcamento.

A baixa fertilidade é indicada por baixos teores de matéria orgânica, baixo valor da capacidade de troca catiónica e grau de saturação em bases na ordem dos 50%. Verifica-se, ainda, um desequilíbrio na relação entre as bases no complexo de troca, devido ao baixo valor de magnésio e proporcionalmente elevado teor de potássio. A realização de correcções regulares com fertilizantes ou correctivos que contenham magnésio, com base em análises de terra, poderá incrementar não só a produção como também a qualidade dos frutos.

Os pomares a sul da serra da Gardunha apresentam teores de matéria orgânica e valores de pH superiores aos referentes ao tipo de solo o que poderá indicar maior profissionalismo dos agricultores, consequência de um nível de conhecimento mais elevado ou de maior sentido empresarial.

5. Avaliação do impacto de *Phomopsis amygdali* na região da Beira Interior. Caracterização do estado de nutrição na cv. Rich Lady

5.1. Introdução

No conjunto das espécies frutícolas cultivadas na região da Beira Interior, o pessegueiro e a cerejeira, comparativamente à macieira, apresentam menores necessidades de protecção contra os inimigos parasitas, uma vez que as doenças e as pragas-chave da região são em menor número (MACP, 1982).

Os elementos climáticos que caracterizam a zona interior do país tornam-se favoráveis a uma menor incidência de doenças uma vez que se registam temperaturas mais extremas e menor precipitação, comparativamente a outras regiões, não só em termos de precipitação total como menor número de dias com precipitação (IGP, 2005). No entanto, a irregularidade de condições de humidade e de precipitação conduzem a grande variabilidade nos prejuízos causados por determinado inimigo, podendo reflectir-se em menor percepção do risco por parte do agricultor.

O objectivo deste estudo foi avaliar a incidência do cancro do pessegueiro, causado por *Phomopsis amygdali*, na região da Beira Interior e as quebras de produção daí resultantes, em pomares da cultivar Rich Lady. A presença de pessegueiros com cancro é bastante frequente, observando-se a sua ocorrência, na região da Cova da Beira, desde a década de 80 do séc. XX (Tomaz e Rego, 1989).

Para além da incidência da doença, caracterizou-se o estado de nutrição dos pomares, procurando detectar possíveis interacções entre o estado de nutrição e a incidência da doença.

5.2. Material e metodologia

A região da Beira Interior, compreendendo de um modo grosseiro os distritos de Castelo Branco e Guarda, insere-se na região Centro de Portugal, e tem como limites naturais, a Norte o rio Douro, a Sul o rio Tejo, a Este a fronteira com Espanha, sendo menos marcado o limite a Oeste (DRABI, 1998), onde confina com os distritos de Viseu, Coimbra e Leiria. Na zona central da Beira Interior localiza-se a sub-região da Cova da Beira, definida

por Simões (1963) como um típico fenómeno de encravamento, sendo delimitada pelas serras da Estrela e da Gardunha, e marcada pela influência não só dessas zonas montanhosas, como pelos cursos de água do rio Zêzere, ribeira da Meimoa, ribeira de Caria e ribeira de Gaia. Os pomares de pessegueiros da Beira Interior localizam-se predominantemente na Cova da Beira e na Beira Interior Sul, junto à falda sul da serra da Gardunha, designada por Campo Albicastrense por Albuquerque (1961).

O ciclo vegetativo do pessegueiro, como em todas as fruteiras de folha caduca no Hemisfério Norte, tem início na Primavera e termina no Outono, sendo o período de desenvolvimento vegetativo caracterizado pelos estados fenológicos, que, no caso do pessegueiro, foram definidos por Mario Baggiolini (Gautier, 1988). Durante o Inverno essas espécies fruteiras encontram-se em período de repouso com actividade fisiológica muito reduzida. Este período de repouso, durante o qual se deverá registar um mínimo de horas de frio para o correcto abrolhamento dos gomos na Primavera, condiciona em larga medida o ciclo seguinte, pelo que, do ponto de vista agronómico, cada ciclo anual do pessegueiro poderá ser considerado com início em Novembro.

Do ponto de vista da susceptibilidade a *P. amygdali*, uma vez que o principal período de infecção ocorre à queda das folhas (Paygami, 1977; Bovey, 1984; Zehr, 1995), os cancos que se desenvolvem durante o Inverno, embora dependentes das condições fisiológicas da planta, afectarão o desenvolvimento e produção da planta na Primavera subsequente. Assim, na caracterização dos elementos climáticos considerou-se o período de Novembro a Outubro em detrimento do ano civil, uma vez que o desenvolvimento dos cancos estará condicionado pelas condições de precipitação e de temperatura ocorridas no período de infecção e desenvolvimento da doença.

5.2.1. Temperatura e precipitação no período 2004-2007

Na caracterização dos elementos climáticos, temperatura e precipitação, utilizaram-se os dados de cinco estações meteorológicas da região – Belmonte, Lamaçais, Brejo, Alcains e ESA (Escola Superior Agrária de Castelo Branco, localizada em Castelo Branco) – a fim de abranger a área de produção de pêsego onde se localizaram as unidades de amostragem (UAs) acompanhadas.

No período de 2004 a 2007, durante o qual decorreu este trabalho, ocorreram condições de temperatura e de precipitação bastante diversas, nos diferentes ciclos vegetativos do pessegueiro.

No ciclo de 2005, a temperatura média diária oscilou entre 13,3°C e 16,0°C e a precipitação total esteve compreendida entre 367 mm e 600 mm (Quadro 5.1).

A Sul da serra da Gardunha (estações meteorológicas de Alcains e ESA), a temperatura média anual é superior à observada a Norte da serra da Gardunha (estações meteorológicas de Belmonte, Lamaçais e Brejo), verificando-se uma diferença de 2,7°C entre a estação meteorológica de Alcains e Belmonte.

Quadro 5.1. Temperatura e precipitação no período de Novembro de 2004 a Outubro de 2005, em cinco estações meteorológicas na região da Beira Interior.

	Temperatura média (°C)					Precipitação (mm)				
	Belmonte	Lamaçais	Brejo	Alcains	ESA	Belmonte	Lamaçais	Brejo	Alcains	ESA
Nov.	7,6	8,6	8,9	11,1	9,9	24,8	13,3	22,8	18,5	20,6
Dez.	6,3	6,5	6,6	8,7	7,4	28,8	22,0	40,4	24,8	26,1
Jan.	4,0	4,8	4,8	7,2	5,3	1,0	0,3	2,8	1,0	1,6
Fev.	4,8	4,1	5,7	6,6	6,2	34,8	—	14,8	12,7	8,6
Mar.	9,3	9,8	10,3	11,8	10,8	81,0	79,0	58,2	51,8	42,1
Abr.	12,2	12,5	12,8	14,1	13,6	67,8	59,2	41,2	33,6	19,4
Mai.	15,8	16,3	16,7	18,2	17,7	12,8	16,4	25,2	21,4	27,1
Jun.	22,2	23,2	23,6	25,2	24,5	2,4	0	0	0	0
Jul.	23,1	23,8	24,0	25,6	25,1	18,2	10,0	1,8	8,6	14,3
Ago.	23,0	24,1	24,7	26,5	25,4	0	0	0	1,0	3,2
Set.	17,8	18,8	19,5	21,3	20,4	19,8	12,0	9,2	8,8	9,6
Out.	13,6	14,2	14,7	16,1	15,6	305,4	334,8	230,4	240,2	194,7
Tm⁽¹⁾ e R⁽²⁾	13,3	13,9	14,4	16,0	15,2	596,8	547,0	446,8	422,4	367,3

⁽¹⁾ Tm = Temperatura média anual; ⁽²⁾ R = Precipitação total.

Em termos de precipitação a diferença é ainda mais marcada entre a região Norte e a região Sul da serra da Gardunha, verificando-se uma diferença de precipitação de 230 mm entre as estações meteorológicas de Belmonte e da ESA.

O ciclo de 2005 foi extremamente seco, sendo a precipitação total baixa, tendo ocorrido mais de 50% da precipitação durante o mês de Outubro. No período de Novembro a Março ocorreram 99 mm em Castelo Branco (ESA) e 170 mm em Belmonte.

No ciclo de 2006 a temperatura média oscilou entre 13,9°C e 16,1°C e a precipitação esteve compreendida entre 777 e 1116 mm (Quadro 5.2).

Em 2006 a temperatura média foi ligeiramente superior à observada em 2005 e a precipitação total foi sensivelmente o dobro. É de realçar que em 2006 se verificou uma diferença de precipitação de 52 mm para 339 mm, entre a região a Norte e a Sul da serra da Gardunha, considerando respectivamente a diferença de precipitação entre Belmonte e Alcains e entre Lamaçais e ESA.

Quadro 5.2. Temperatura e precipitação no período de Novembro de 2005 a Outubro de 2006, em cinco estações meteorológicas na região da Beira Interior.

	Temperatura média (°C)					Precipitação (mm)				
	Bel-monte	Lamaçais	Brejo	Alcains	ESA	Bel-monte	Lamaçais	Brejo	Alcains	ESA
Nov.	7,9	8,5	8,6	9,7	9,5	98,8	114,6	124,0	134,2	97,0
Dez.	6,2	6,9	7,1	8,6	7,9	85,0	113,2	82,0	86,0	83,5
Jan.	4,5	5,0	5,0	6,8	5,8	30,2	38,2	22,2	36,0	29,6
Fev.	5,9	6,3	6,4	7,7	6,9	53,0	54,8	66,2	65,4	52,3
Mar.	9,9	10,3	10,4	11,4	11,1	149,2	184,8	108,6	147,0	142,4
Abr.	13,2	13,5	13,8	15,1	14,3	44,4	55,8	42,6	61,0	57,8
Mai.	17,1	17,4	17,7	19,1	18,4	1,8	1,8	21,4	25,2	0
Jun.	20,4	21,0	21,3	22,8	22,2	33,0	23,2	42,0	23,8	28,9
Jul.	23,7	24,3	24,6	26,3	25,6	30,0	29,2	2,8	4,4	9,4
Ago.	23,4	24,5	24,4	26,3	25,4	18,8	11,2	13,8	5,6	22,4
Set.	19,2	19,9	20,3	21,9	21,4	78,4	96,8	71,6	71,2	51,7
Out.	14,9	15,4	15,7	17,0	16,5	358,4	392,2	274,0	270,0	201,8
Tm⁽¹⁾ e R⁽²⁾	13,9	14,4	14,6	16,1	15,4	981,0	1115,8	871,2	929,8	776,8

⁽¹⁾ Tm = Temperatura média anual; ⁽²⁾ R = Precipitação total.

À semelhança do ocorrido no ciclo 2005, no mês de Outubro registou-se o valor mais elevado de precipitação, representando, em média 30% da precipitação total, considerando as diversas estações. O mês de Março foi também bastante chuvoso tendo ocorrido, neste mês, em média, 16% da precipitação total.

No ciclo de 2007 a temperatura média oscilou entre 13,3°C e 15,6°C e a precipitação esteve compreendida entre 852 mm e 1214 mm (Quadro 5.3).

Quadro 5.3. Temperatura e precipitação no período de Novembro de 2006 a Outubro de 2007, em cinco estações meteorológicas na região da Beira Interior.

	Temperatura média (°C)					Precipitação (mm)				
	Bel-monte	Lamaçais	Brejo	Alcains	ESA	Bel-monte	Lamaçais	Brejo	Alcains	ESA
Nov.	11,4	11,7	11,9	13,2	12,7	459,2	510,0	379,0	465,4	352,8
Dez.	5,3	6,0	6,3	7,8	7,0	53,8	93,6	69,2	61,4	50,9
Jan.	5,8	5,9	6,0	7,4	6,4	14,4	16,8	20,6	15,6	13,1
Fev.	8,8	9,1	9,0	10,0	9,6	110,6	146,6	98,4	104,8	83,5
Mar.	9,5	10,0	10,2	11,4	10,6	24,4	17,4	-	27,2	27,8
Abr.	11,9	12,2	12,4	13,6	5,1	123,2	83,2	28,2	75,0	67,3
Mai.	15,0	15,3	15,6	16,8	16,3	77,2	99,0	72,2	70,0	57,7
Jun.	17,5	17,9	18,4	19,9	19,4	104,6	100,4	52,6	96,8	49,6
Jul.	21,1	21,9	21,9	23,8	23,6	0	0	0	0,4	0,2
Ago.	21,1	22,1	22,2	23,8	23,7	13,8	7,4	9,8	5,6	2,7
Set.	19,0	20,2	20,7	22,5	21,8	77,8	84,6	52,2	144,0	138,7
Out.	12,8	13,8	14,5	16,5	15,5	64,8	54,8	70,2	22,0	13,5
T_m⁽¹⁾ e R⁽²⁾	13,3	13,8	14,1	15,6	14,3	1123,8	1213,8	852,4	1088,2	857,8

⁽¹⁾ T_m = Temperatura média anual; ⁽²⁾ R = Precipitação total.

O ciclo 2007 caracterizou-se por uma temperatura muito semelhante à observada em 2005, mas com uma precipitação bastante superior à registada quer em 2005 quer em 2006. Neste ciclo o mês mais chuvoso foi Novembro, correspondendo a cerca de 40% da precipitação total, propiciando condições bastante favoráveis ao desenvolvimento dos cancos e à infecção, uma vez que a queda das folhas ocorreu essencialmente durante o mês de Novembro.

5.2.2. Caracterização das unidades de amostragem

Para a concretização desta linha de trabalho foram identificados pomares de pessegueiros da cultivar Rich Lady, localizados na região da Beira Interior. A selecção dos pomares foi realizada pela APPIZÊZERE, entre os seus associados, tendo sido identificados dez pomares de pessegueiros.

A cv. Rich Lady foi seleccionada para a realização deste estudo porque era uma cv. com expressão na região, uma cultivar temporã, realizando-se a colheita dos frutos ainda durante o período lectivo, estar presente no pomar da ESACB, onde seria realizado o ensaio de campo e, ainda, ser uma cultivar de recente implantação na região.

Tendo em consideração que a serra da Gardunha se constitui como limite de transição entre as zonas da Cova da Beira e o Campo Albicastrense, procurou-se que os pomares a avaliar estivessem distribuídos de um modo regular por toda a região, localizando-se desde a zona Norte, junto a Belmonte, até à zona Sul, no concelho de Castelo Branco (Quadro 5.4).

Quadro 5.4. Localização dos pomares (unidades de amostragem – UA) de pessegueiros cv. Rich Lady.

UA	Freguesia	Concelho	Localização relativamente à serra da Gardunha
A.50	Vale Formoso	Covilhã	Norte
B.70	Orjais	Covilhã	Norte
C.30	Teixoso	Covilhã	Norte
D.20	Teixoso	Covilhã	Norte
E.60	Caria	Belmonte	Norte
F.40	Salgueiro	Fundão	Este
G.90	Castelo Novo	Fundão	Sul
H.10	Castelo Novo	Fundão	Sul
I.80	Louriçal do Campo	Castelo Branco	Sul
J.00	Louriçal do Campo	Castelo Branco	Sul

Os pomares avaliados encontram-se homogeneamente repartidos pela área de produção de pêsego na região da Beira Interior, localizando-se cinco pomares a Norte, um a Este e quatro a Sul da serra da Gardunha (Fig. 5.1). Em termos administrativos, quatro pomares localizam-se no concelho da Covilhã, freguesias de Vale Formoso (um pomar), Orjais (dois pomares) e Teixoso (dois pomares), um pomar no concelho de Belmonte, freguesia de Caria, três pomares localizam-se no concelho do Fundão, freguesias do Salgueiro e Castelo Novo (dois pomares) e dois pomares localizam-se no concelho de Castelo Branco, freguesia de Louriçal do Campo.

Embora a área de pessegueiros na região seja relativamente elevada, representando 23% da área total de pessegueiros de Portugal (INE, 2005), não foi possível a selecção de

pomares da cv. Rich Lady com idades semelhantes, pois cada produtor explora uma ampla gama de cultivares, sendo, de um modo geral, a dimensão da parcela de cada cultivar bastante reduzida, procedendo-se à renovação dessas parcelas em cada exploração, com alguma frequência.

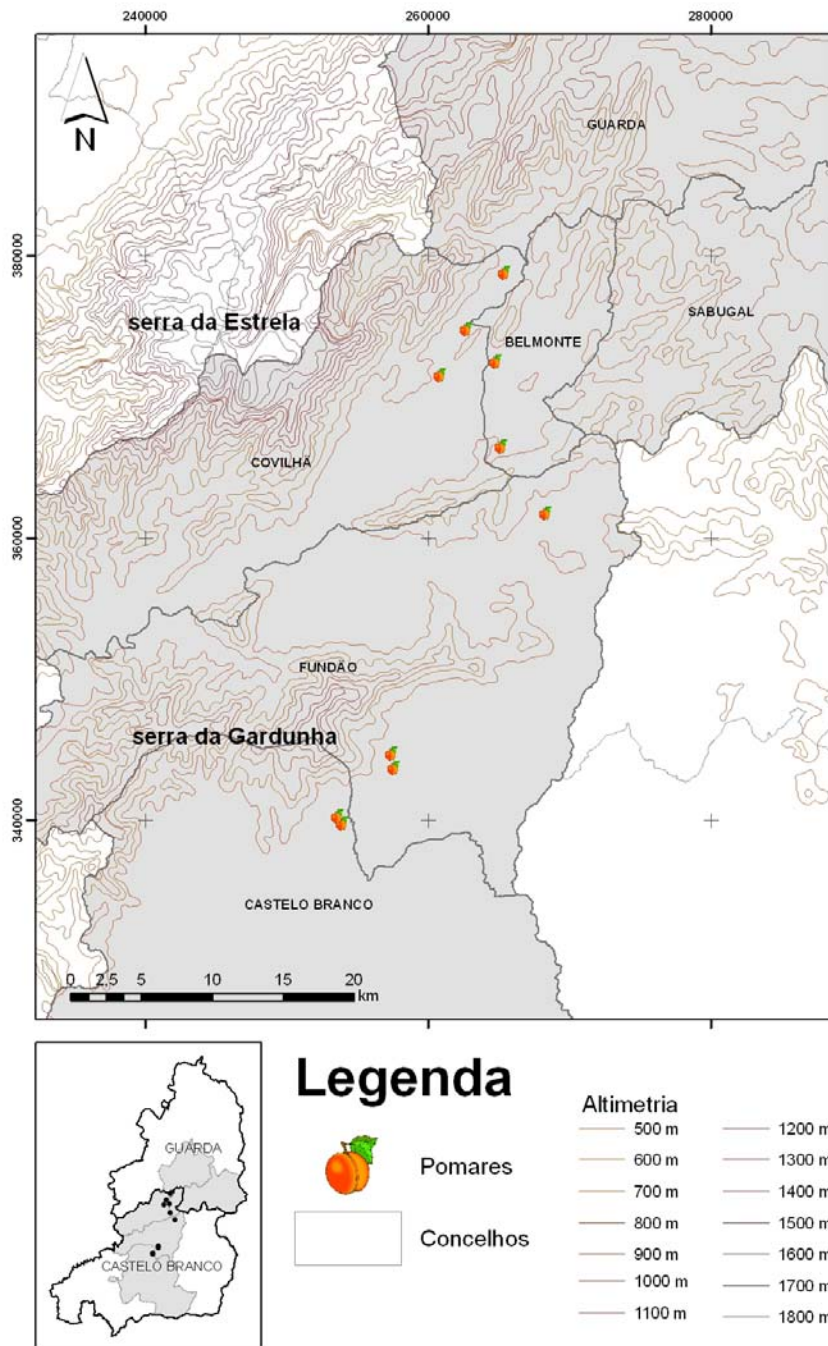


Figura 5.1. Localização das unidades de amostragem de pessegueiros da cv. Rich Lady, na região da Beira Interior.

A área de pessegueiros explorada pelos agricultores responsáveis pela UAs variou entre 3,5 ha e 35,0 ha e a área correspondente à cv. Rich Lady estava compreendida entre 0,1 ha e 1,2 ha (Quadro 5.5).

Quadro 5.5. Área, idade, densidade e tipo de rega das unidades de amostragem.

UA	Área de pessegueiros do agricultor (ha)	Parcela da cv. Rich Lady					
		Área (ha)	Ano de plantação	Idade das plantas (anos)	Compasso (m x m)	Densidade (árv.·ha ⁻¹)	Tipo de Rega
A.50	27,0	0,40	2006	2-4	4,5 x 2,0	1111	Gota-a-gota
B.70	13,0	0,10	2002	3-5	4,5 x 2,5	888	Gota-a-gota
C.30	20,0	0,60	2002	3-5	4,5 x 2,5	888	Gota-a-gota
D.20	20,0	0,07	1998	7-9	4,5 x 2,5	888	Gota-a-gota
E.60	3,5	0,40	1999	6-8	4,5 x 2,5	888	Mini aspersão
F.40	35,0	1,20	2003	2-4	5,0 x 2,5	800	Gota-a-gota
G.90	8,0	0,30	2001	4-6	4,5 x 2,0	1111	Mini aspersão
H.10	6,0	0,14	2001	4-6	4,5 x 2,0	1111	Mini aspersão
I.80	30,0	0,12	2000	5-7	4,5 x 2,5	888	Mini aspersão
J.00	16,0	0,10	1995	8-10	4,5 x 2,5	888	Mini aspersão

A dimensão da área total de pessegueiros, mais do que a dimensão da parcela da cv. Rich Lady, reflecte a especialização do agricultor. No conjunto das UAs avaliadas, apenas dois agricultores apresentavam uma área de pessegueiros inferior à média da área de pessegueiros/agricultor na região (ponto 4.), constituindo-se este aspecto como factor positivo devido ao nível de conhecimentos que os agricultores possuem.

A pequena dimensão da parcela referente à cv. Rich Lady advém da multiplicidade de cultivares que cada agricultor explora. A diversidade de cultivares permite não só o escalonamento da oferta, como também uma gestão mais equilibrada da mão-de-obra e uma menor susceptibilidade a condições meteorológicas adversas, nomeadamente a geadas.

A densidade das plantas variou entre 800 a 1111 árvores·ha⁻¹, verificando-se que apenas a UA F.40 apresenta uma densidade de 800 árvores·ha⁻¹, consequência de uma maior distância na entrelinha. Apesar da menor densidade, esta UA é a que apresenta as plantas com maior arborescência, resultante não só do sistema de condução utilizado, o “gobelet” (Gautier, 1987), como da maior fertilidade do solo (Fig. 5.2).



Figura 5.2. Unidade de amostragem F.40; A – aspecto geral; B – forma de condução.

Com exceção das UAs C.30 e F.40, o sistema de condução adoptado pelos agricultores foi o vaso, que é a forma de condução mais utilizada nos pomares da região (ponto 4).

Todos os agricultores possuíam sistema de rega localizada, sendo em 40% das UAs o sistema de rega por mini aspersão e em 60% das UAs o sistema de rega gota-a-gota. Nenhum dos agricultores possuía qualquer sistema de avaliação do teor de humidade do solo, sendo a dotação e frequência de rega bastante depende quer das disponibilidades hídricas de cada agricultor, quer de um calendário de rega previamente definido mas independente do teor de humidade do solo.

Em Fevereiro de 2005 foram recolhidas amostras de terra que foram analisadas no Laboratório de Solos e Fertilidade da Escola Superior Agrária de Castelo Branco, permitindo fazer uma caracterização sumária das condições edáficas de cada UA (Quadros 5.6 e 5.7).

Quadro 5.6. Textura, teor de matéria orgânica e pH do solo, às profundidades 0-20 cm e 20-50 cm, das unidades de amostragem, em Fevereiro 2005.

UA	Textura	Matéria Orgânica (%)		pH (H ₂ O)	
		0-20 cm	20-50 cm	0-20 cm	20-50 cm
A.50	Fina	1,3	0,6	5,3	5,0
B.70	Fina	1,4	0,9	6,7	6,0
C.30	Fina	0,8	0,5	6,1	6,0
D.20	Grosseira	2,1	1,1	5,7	5,5
E.60	Grosseira	0,5	0,1	5,6	5,5
F.40	Fina	2,8	2,5	5,0	5,1
G.90	Grosseira	1,2	1,9	6,2	5,1
H.10	Grosseira	1,3	1,0	6,9	5,8
I.80	Grosseira	1,6	1,3	6,1	5,1
J.00	Grosseira	1,8	0,8	6,4	5,5

Quadro 5.7. Fósforo e potássio extraível às profundidades 0-20 cm e 20-50 cm, das unidades de amostragem, em Fevereiro 2005.

UA	P ₂ O ₅ (mg·kg ⁻¹)		K ₂ O (mg·kg ⁻¹)	
	0-20 cm	20-50 cm	0-20 cm	20-50 cm
A.50	107 A	63 M	> 200 MA	144 A
B.70	> 200 MA	197 A	> 200 MA	174 A
C.30	185 A	101 M	> 200 MA	> 200 MA
D.20	> 200 MA	178 A	> 200 MA	144 A
E.60	76 M	53 M	176 A	130 A
F.40	107 A	43 B	174 A	108 A
G.90	46 B	12 M.B.	> 200 MA	136 A
H.10	> 200 MA	53 M	> 200 MA	126 A
I.80	> 200 MA	38 B	> 200 MA	118 A
J.00	> 200 MA	97 M	> 200 MA	> 200 MA

MA = muito alto; A = alto; M = médio; B = baixo; MB = muito baixo.

De um modo global o solo é pobre em matéria orgânica, verificando-se que apenas as UAs D.20, F.40, I.80 e J.00 apresentam teores médios de matéria orgânica na camada 0-20 cm, considerando teor médio 1,6% a 3,0% para solos de textura grosseira e 2,1% a 4,0%

para solos de textura média ou fina (LQARS, 2006). A UA G.90, na profundidade 20-50 cm, apresenta um teor de matéria orgânica superior ao da camada 0-20 cm, o que estará relacionado com o enterramento de grandes quantidades de mato na preparação do solo para plantação.

O pH é ácido a ligeiramente ácido verificando-se que apenas duas UAs (B.70 e H.10) apresentam um pH superior a 6,5 na camada 0-20 cm. A acidez dos solos é uma característica negativa mas frequente na região da Beira Interior.

O teor de fósforo no solo é superior a 200 mg·kg⁻¹ em 50% das UAs, verificando-se que apenas a UA G.90 apresenta um teor de fósforo baixo e muito baixo, respectivamente nas camadas 0-20 cm e 20-50 cm. A UA E.60 apresenta um teor de fósforo médio.

O teor de potássio no solo é alto a muito alto em todas as UAs.

5.2.3. Metodologia

Em Janeiro de 2005 foi realizado um questionário dirigido aos agricultores responsáveis pelos pomares previamente indicados pela APPIZÊZERE, com vista à caracterização do agricultor, da exploração e da parcela com pessegueiros da cv. Rich Lady.

Após a anuência dos agricultores em participarem neste estudo, abreviadamente designado por 10RL, durante o mês de Janeiro de 2005, em cada pomar foram marcadas 10 árvores que constituíram a UA e sobre a qual se fizeram as observações ao longo dos ciclos 2005, 2006 e 2007.

A metodologia referida por Lalancette e Polk (2000), adaptada à região por ter pomares de menores dimensões, foi utilizada para a marcação de cada UA, procedendo-se do seguinte modo (Fig. 5.3):

- em cada parcela seleccionaram-se as três linhas de plantas que permitiam a divisão da parcela em 4 partes;
- na primeira linha seleccionada marcaram-se 3 plantas, no final do primeiro terço da linha;
- na segunda linha seleccionada marcaram-se 4 árvores, sendo que a primeira destas quatro árvores localizar-se-ia na perpendicular da última árvore marcada no passo anterior;

- na terceira linha seleccionada marcavam-se as restantes três árvores, procedendo de modo semelhante ao passo anterior, ou seja, a primeira árvore marcada na terceira linha encontrava-se na perpendicular da última árvore marcada na segunda linha.

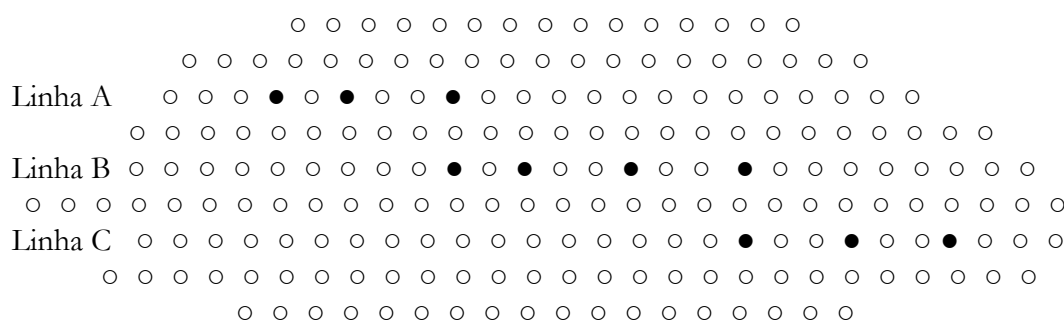


Figura 5.3. Esquema geral de marcação de unidade de amostragem. ● – árvores da unidade de amostragem; ○ – árvores do pomar.

Este procedimento para a marcação de árvores que constituem uma UA permite não só a adaptação rápida à dimensão da parcela, como também a marcação de algumas árvores sem qualquer tipo de indução pessoal, uma vez que, a primeira árvore da segunda e da terceira linha, estarão automaticamente seleccionadas pela última árvore da linha anterior. Para além das vantagens referidas, este procedimento na marcação de unidades de amostragem facilita o trabalho de campo, evitando perdas de tempo na procura das árvores quando os pomares se encontram com grande arborescência.

Cada UA foi identificada pelo número correspondente às dezenas, permitindo a identificação de cada árvore com o número correspondente à unidade. Posteriormente, para apresentação das UAs de acordo com a localização no sentido Norte-Sul, foi adicionada uma letra permitindo a sua ordenação.

A localização de cada UA foi realizada através de sistema informático de georeferência (SIG), representando o ponto médio do conjunto das 10 árvores marcadas, no sistema de coordenadas Hayford Gauss Militar, usando o *software* ArcGis 9.1. Como base foi utilizada a Carta Administrativa Oficial de Portugal, cujos metadados se encontram no Anexo 1.

Durante Fevereiro de 2005 foram recolhidas amostras de solo, correspondentes às profundidades 0-20 cm e 20-50 cm, para cada UA. Cada amostra resultou de 10 sub-amostras recolhidas junto às 10 árvores que constituem a unidade de amostragem, conforme metodologia indicada por Cavaco *et al.* (2006). Com base nestas amostras foi realizada a análise sumária no Laboratório de Solos e Fertilidade da Escola Superior Agrária, ou seja, a determinação da classe de textura, pH, matéria orgânica e teores de fósforo e potássio extraíveis (método de Egner-Riehm), para caracterização das condições edáficas (Quadros 5.6 e 5.7).

Em cada árvore constituinte da UA foram marcadas quatro pernas, sobre as quais se realizaram as observações (Fig. 5.4).



Figura 5.4. Árvores constituintes da UA exibindo as marcações feitas em quatro pernas por árvore.

Durante o mês de Março dos ciclos de 2005, 2006 e 2007, observaram-se e contabilizaram-se todos os lançamentos existentes nas pernas marcadas, fazendo a distinção entre ramo misto sem atarraque, ramo misto atarracado, ramo misto com antecipada¹ e ramo floral.

Para cada tipo de lançamento observou-se a presença ou ausência de cancro causado por *P. amygdali*, avaliando, deste modo, a incidência da doença, de acordo com a definição apresentada por Nutter *et al.* (1991).

¹ ver ponto 6.2.8

Durante o período de floração contabilizou-se o número de flores em cada perna marcada.

Após o vingamento, no período que decorreu entre o final do mês de Abril princípios de Maio, contabilizou-se o número de frutos nas pernas marcadas.

Com base nas observações realizadas calculou-se a incidência da doença e a quebra de produção.

A incidência da doença foi quantificada por dois parâmetros, o número de ramos com cancro e a percentagem que esses ramos representam relativamente ao número total de ramos amostrados. Sempre que, localizando-se o cancro sobre a parte terminal do ramo, apenas morria uma parte do lançamento, a incidência da doença foi contabilizada como uma fracção do ramo.

A redução de produção foi calculada com base na metodologia apresentada por Lalancette (2000), que define:

$$\text{redução de produção} = \text{redução de frutos} / \text{número total de frutos},$$

sendo que,

$$\text{número total de frutos} = \text{número médio de frutos por ramo saudável multiplicado pelo número total de ramos, contabilizando todos os ramos, quer saudáveis, quer com cancro.}$$

$$\text{redução de frutos} = \text{número de ramos com cancro} \times \text{número médio de frutos por ramo saudável.}$$

Assim, a redução de produção vem expressa em percentagem de frutos.

Para cada unidade de amostragem, uma vez que o número de frutos foi contabilizado globalmente, permitindo calcular a taxa de vingamento, vem:

$$\text{redução de frutos} = \text{n.º ramos com cancro} \times (\text{n.º médio de flores/ramo}) \times \text{taxa média de vingamento};$$

A taxa de vingamento foi calculada globalmente, para cada árvore e unidade de amostragem, pela divisão entre o número de frutos contabilizados em Maio e o número de flores contabilizadas em Março.

Para avaliar o estado de nutrição foram realizadas análises foliares com base em amostras de folhas recolhidas em duas épocas distintas. A primeira amostra de folhas foi

colhida cerca de 20 dias antes da colheita dos frutos, o que corresponde a 90 a 95 dias após a plena floração (DAPF), e a segunda amostra foi colhida 20 dias após a colheita dos frutos, o que corresponde a 120 a 130 DAPF. Cada amostra de folhas foi constituída por 100 folhas, resultando de 10 folhas por cada árvore, colhidas no terço médio do lançamento do ano, sempre em lançamentos sem ramificação secundária.

As análises foram realizadas no Laboratório de Solos e Fertilidade da ESACB, tendo sido determinados os teores de azoto, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, ferro, manganês, zinco e cobre. O azoto foi determinado pelo método de Kjeldhal, o fósforo por espectrofotometria de absorção molecular e os restantes elementos por espectrofotometria de absorção atómica em chama.

No ciclo de 2007, devido ao mau estado sanitário da UA B.70, verificando-se a morte de 50% das árvores constituintes desta UA, a mesma deixou de ser considerada neste estudo.

5.2.4. Análise estatística

A análise de variância foi realizada através do programa SPSS, ANOVA a um factor, utilizando o teste de Tukey, sempre que se verificassem condições de homogeneidade de variâncias, e, o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis, quando não se verificasse homogeneidade de variâncias, considerando estatisticamente significativas as diferenças entre médias cujo *p-value* do teste utilizado tenha sido inferior a 0,05.

Para estudar a relação entre a incidência de *P. amygdali* e diversos parâmetros associados às UAs foi utilizada a Análise de Correspondências Múltiplas (ACM) procedendo à transformação das variáveis quantitativas – cancro (percentagem de ramos com cancro), azoto (teor de azoto foliar), precipitação de Novembro a Março e idade da planta – em variáveis qualitativas (factores) através da definição de classes para cada variável. Na definição dos limites de cada classe referente a cada variável, seguidamente designado por nível, foi considerada a variabilidade de cada variável, ajustando o número de níveis à amplitude relativa de variação, tendo sempre em consideração o histograma de cada variável, de acordo com o recomendado por Lebart *et al.* (1997). Os códigos e limites utilizados na transformação das variáveis são referidos no Quadro 5.8.

Quadro 5.8. Definição dos níveis de cada variável (factores).

Variável	Símbolo	Unidades	Amplitude de valores	Níveis da variável qualitativa (factor)	Definição dos limites de cada nível da variável qualitativa
Precipitação (Novembro-Março)	PNM	mm	Mín. – 109 Máx. – 784	PNM1 PNM2 PNM3	PNM1: PNM<200 PNM2: 200≤PNM≤600 PNM3: 600<PNM≤800
Teor foliar de azoto	N	%	Mín. – 2,54 Máx. – 4,32	N1 N2 N3	N1: 2,5<N≤3,3 N2: 3,3<N<3,7 N3: 3,7≤N≤4,4
Susceptibilidade a <i>Phomopsis amygdali</i>	Canc	ramos com cancro (%)	Mín. – 0 Máx. – 8,54	Canc1 Canc2 Canc3 Canc4	Canc0: Canc=0 Canc2: 0<Canc≤2,0 Canc3: 2,0<Canc≤5,0 Canc4: 5,0<Canc<10
Idade das plantas	anos	anos	Mín. – 2 Máx. – 10	anos2-3 anos4-7 anos8-10	anos2-3: 2≤anos≤3 anos4-7: 4≤anos≤7 anos8-10: 8≤anos≤10

Nota: O período considerado (Nov-Mar) refere-se ao período desde a inoculação ao final da avaliação dos cancros.

Os resultados são analisados com base nos valores próprios dos eixos factoriais e sua inércia, assim como na representação gráfica dos níveis das variáveis, e nos valores de contribuição e \cos^2 que cada nível da variável apresenta relativamente aos eixos. Nas variáveis climáticas considerou-se apenas a precipitação total registada no período desde Novembro a Março (PNM), que inclui o período da queda da folha e repouso vegetativo até ao final do período de floração. Como a variável temperatura não apresentou valores de contribuição e \cos^2 elevados não foi considerada na análise.

5.3. Resultados e discussão

5.3.1. Incidência de *Phomopsis amygdali*

O potencial produtivo de um pomar está condicionado por um conjunto de componentes que, de um ponto de vista simplificado, podem ser organizadas em factores edáficos, factores climáticos, factores culturais e factor planta.

Os factores edáficos e factor planta apresentam uma variação pequena em ciclos vegetativos consecutivos. O mesmo não acontece com os factores culturais, que, em cada ciclo vegetativo, têm um papel preponderante no estado global das plantas, contribuindo para o seu equilíbrio ou desequilíbrio ao longo dos ciclos vegetativos.

As operações culturais realizadas pelo agricultor, nomeadamente, poda, fertilização, rega e protecção fitossanitária, pelo seu grande impacto no comportamento fisiológico das plantas, condicionam a susceptibilidade a parasitas, o que se reflectirá na produção. Assim, a evolução da incidência de uma doença ou praga num pomar estará sempre relacionada com as práticas culturais realizadas pelo agricultor, sendo, no entanto, difícil de contabilizar a contribuição global e de cada uma delas, devido não só à multiplicidade de factores intervenientes como à sua interacção.

A avaliação das UAs descritas no ponto 5.2.2, representativas de pomares da cv. Rich Lady na região, permitiu verificar que a incidência da doença causada por *P. amygdali*, nos ciclos vegetativos de 2005, 2006 e 2007, se situou entre 0,4% e 3,4% (Quadros 5.9 e 5.10).

Quadro 5.9. Número e percentagem de ramos com cancro por unidade de amostragem e ciclo vegetativo.

Ciclo	Média do n.º de órgãos de frutificação amostrados/UA	Ramos com cancro (%)	Ramos com cancro (n.º médio/UA)
2005	243	0,4	1,0 b ⁽¹⁾
2006	267	1,7	3,9 ab ⁽¹⁾
2007	214	3,4	5,5 a ⁽¹⁾

⁽¹⁾ $\chi^2_{[2]}=7,972$ e $p=0,019$.

Quadro 5.10. Número e percentagem de unidades de amostragem com ramos com cancro.

Ciclo	Número de ramos com cancro / UA			
	0	1-5	6-10	11-20
2005	5 (50%)	5 (50%)	—	—
2006	2 (22%)	4 (44%)	2 (22%)	1 (11%)
2007	—	5 (56%)	2 (22%)	2 (22%)

O número médio de ramos com cancro por UA variou entre 1,0 e 5,5, numa média global de cerca de 240 ramos observados por UA e ciclo vegetativo, o que pode ser considerada uma incidência muito baixa uma vez que corresponde a um número baixo de ramos com cancro por árvore.

A comparação entre os diferentes ciclos vegetativos permite verificar que a incidência da doença foi mais baixa em 2005, aumentando até 2007, observando-se diferenças significativas entre os ciclos vegetativos em estudo.

Este resultado está de acordo com o alcançado quer no ensaio de campo (ponto 7.3.2 – ESAn), quer no ensaio em vasos (ponto 6.3.2 – Evasos), em que a dimensão média de cada cancro foi muito superior na Primavera de 2007 (Evasos e ESAn) relativamente à observada na Primavera de 2005 (Evasos). A diferença observada nos elementos climáticos, particularmente a precipitação ocorrida durante o Outono, ou seja o período da queda das folhas, poderá ser a causa principal para a diferença de resultados.

Em 2005 a incidência da doença foi particularmente baixa, não se observando ramos com cancro em 50% das UAs avaliadas (Quadro 5.10). Nas restantes UAs apenas foi observado um diminuto número de ramos com cancro (um total de 1 a 5 ramos por UA). O ano de 2005 foi considerado o ano mais seco dos últimos 50 anos (IM, 2005), tendo ocorrido durante o principal período de infecção e desenvolvimento dos cancros, de 1 de Novembro de 2004 a 31 de Março de 2005, um total de 170 mm em Belmonte, 125 mm em Lamaçais, 254 mm no Brejo, 109 mm em Alcains e 99 mm em Castelo Branco (Quadro 5.1).

Em 2006 a percentagem de ramos com cancro foi de 1,7% (Quadro 5.9), existindo apenas uma UA onde se observaram mais de 10 ramos com cancro (Quadro 5.10). Neste ciclo, a precipitação ocorrida de 1 de Novembro de 2005 a 31 de Março de 2006 variou entre 400 e 500 mm, tendo-se registado 416 mm em Belmonte, 506 mm em Lamaçais, 403 mm no Brejo, 469 mm em Alcains e 405 mm em Castelo Branco (Quadro 5.2), criando condições mais favoráveis ao desenvolvimento dos cancros.

Em 2007, por ter sido particularmente chuvoso o mês de Novembro do ano anterior (Quadro 5.3), a incidência da doença foi bastante superior, apresentando uma média de 3,4% de ramos com cancro (Quadro 5.9). Neste ciclo vegetativo observou-se a presença de lançamentos com cancro em todas as UAs, verificando-se que em 22% das UAs ocorriam mais de 10 ramos com cancro (Quadro 5.10). A precipitação ocorrida de 1 de Novembro de 2006 a 31 de Março de 2007 foi de 662 mm em Belmonte, 784 mm em Lamaçais, 567 mm no Brejo, 674 mm em Alcains e 528 mm em Castelo Branco (ESACB), criando condições favoráveis não só ao desenvolvimento dos cancros, mas especialmente às infecções uma vez que a precipitação foi bastante elevada no período da queda das folhas.

No conjunto das UAs verifica-se que as D.20, E.60 e H.10 são as que apresentam maior incidência da doença quando consideramos o conjunto dos três ciclos (Quadro 5.11).

Quadro 5.11. Incidência de *Phomopsis amygdali* por UA e ciclo vegetativo.

UA	2005		2006		2007	
	Ramos com cancro (n.º /UA)	Ramos com cancro (%)	Ramos com cancro (n.º /UA)	Ramos com cancro (%)	Ramos com cancro (n.º /UA)	Ramos com cancro (%)
A.50	0,0	0,0	0,0	0,0	4,4	2,0
B.70	0,0	0,0	1,0	0,7	—	—
C.30	1,0	0,9	1,0	0,8	1,4	1,0
D.20	4,0	1,6	10,0	5,8	6,6	3,6
E.60	0,0	0,0	11,3	4,1	9,0	7,8
F.40	0,0	0,0	0,0	0,0	2,5	1,6
G.90	1,0	0,4	—	—	0,2	0,1
H.10	3,0	1,0	1,0	0,4	12,9	8,5
I.80	0,0	0,0	4,0	1,4	10,1	4,5
J.00	1,0	0,3	7,0	2,2	2,0	0,8

As UAs A.50, B.70, C.30, F.40 e G.90 apresentam baixa incidência da doença em todos os ciclos considerados e são também as UAs de plantação mais recente. Em oposição, as UAs D.20 e E.60 apresentam uma incidência mais elevada. A relação linear positiva entre a incidência de cancro e a idade das plantas, embora apresente um coeficiente de determinação baixo, revelou-se significativa ($R_a^2=0,259$; $F_{[1,26]}=10,423$; $p=0,003$). O comportamento da UA H.10, apesar de se tratar de um pomar com quatro a seis anos de idade, aproxima-se das UAs D.20 e E.60, possivelmente devido às podas intensas que conduziram ao envelhecimento precoce das plantas.

É importante realçar que as observações foram realizadas sempre depois da poda e que, possivelmente, o total de ramos com cancro seria superior uma vez que, em princípio, durante a operação de poda serão eliminados todos os ramos doentes. Os ramos que são deixados à poda, pelo fruticultor, são ramos que irão contribuir para a produção e que ao morrerem total ou parcialmente, representarão uma redução de produção. No Quadro 5.12

apresentam-se os resultados do cálculo da redução de produção para cada um dos ciclos estudados, quer em termos percentuais, quer em número total de frutos.

Quadro 5.12. Redução de produção por incidência de *Phomopsis amygdali*.

Ciclo	Ramos com cancro (n.º médio/UA)	Ramos com cancro (%)	Total de frutos perdidos (n.º médio/UA)	Redução de produção (% de frutos)
2005	1,0	0,42	5,9	0,5
2006	3,9	1,70	12,5	1,5
2007	5,5	3,33	11,9	3,1

A percentagem de ramos infectados foi muito baixa (Quadro 5.10), muito aquém dos 8% a 44% de ramos infectados, referidos por Uddin e Stevenson (1998) em pomares da Georgia (EUA) e de 5% a 96% referido por Latham *et al.* (1992) em pomares do Alabama (EUA). Na epifítia observada no Alabama, em 1991, Latham *et al.* (1992) referem que as cultivares Topaz, Redhaven, Coronet e Sentinel apresentaram a maior susceptibilidade, com valores entre 80% a 96% de ramos com cancro comparativamente às cultivares Dixie Land e Redskin Elberta que apresentaram uma incidência bastante inferior, respectivamente 19% e 5%.

Consistentemente, a redução de produção observada neste ensaio, 0,5% a 3,1% de frutos, foi também muito baixa, quando comparados com 21% a 28,5%, percentagens observadas por Lalancette e Polk (2000) em pomares de pessegueiros, no estado de New Jersey (EUA) nos ciclos 1997 a 1998. A pequena redução, quando consideramos o número de frutos, pode ser compensada, em termos produtivos, com o aumento do calibre dos frutos remanescentes e, portanto, pode não corresponder a uma redução de produção semelhante quando consideramos a produção em termos de peso. Por outro lado a redução de produção poderá ser compensada deixando maior número de ramos à poda.

5.3.2. Estado de nutrição de pomares da cv. Rich Lady no período 2005-2007

5.3.2.1. Azoto

Considerando os três ciclos em estudo, o teor de azoto variou entre 2,54% e 4,32%, em Junho, e entre 1,95% e 3,95%, em Julho (Quadro 5.13).

Quadro 5.13. Teor foliar de azoto (%) nos ciclos vegetativos 2005, 2006 e 2007.

U.A.	2005		2006		2007	
	15-Jun-05	26-Jul-05	12-Jun-06	26-Jul-06	18-Jun-07	27-Jul-07
A.50	3,29	2,77	4,32	3,40	3,64	2,60
B.70	3,61	2,92	3,88	3,00	3,47	—
C.30	2,95	2,17	3,52	2,46	3,22	2,99
D.20	2,83	2,20	3,35	2,30	3,08	2,54
E.60	2,54	2,52	3,81	2,80	4,12	3,36
F.40	3,36	2,16	3,83	2,72	3,52	2,72
G.90	3,43	2,65	3,86	2,65	3,00	2,27
H.10	3,17	3,04	3,99	3,02	3,43	3,95
I.80	2,70	1,95	2,91	2,10	4,05	2,55
J.00	3,53	2,66	3,36	2,63	3,53	2,64
Média	3,14	2,50	3,68	2,71	3,51	2,85

Em Julho, 70% a 90% das UAs apresentam um teor de azoto abaixo do intervalo considerado como suficiente (3,00%–3,50%) por Jones *et al.* (1991), mas apenas a UA I.80, em 2005, se encontra abaixo do intervalo de referência (2,10%–3,00%) indicado por LQARS (2006).

Em Junho, o teor médio de azoto foi de 3,14% em 2005, 3,68% em 2006 e 3,51% em 2007, verificando-se que, apenas em 2005, a média foi inferior ao intervalo 3,3%–4,6%, considerado como adequado (Jordão *et al.*, 2008), para esta época e cultivar. Nesta época observaram-se teores superiores a 4,00% na UA A.50, em 2006, e nas UAs E.60 e I.80 em 2007. Apesar do teor bastante elevado de azoto em Junho, a UA I.80 apresentava em Julho

de 2007 um teor de 2,55%, o que poderá estar relacionado com a elevada produção desta UA, neste ciclo.

Com excepção da UA H.10 em 2006, verifica-se sempre um decréscimo de teor de azoto entre as duas épocas de amostragem, o que está de acordo com o referido por Silva (2004), que acompanhou o estado de nutrição de pessegueiros da cv. Diamond Princess, no período de Maio a Agosto.

A variação média do teor de azoto entre as duas épocas de amostragem foi de -0,64% em 2005, -0,98% em 2006 e -0,66% em 2007. Embora não fosse contabilizada a produção, podemos afirmar que nas explorações onde foram atingidas as produções mais elevadas foi onde se observou a maior diminuição do teor de azoto, *e.g.* UA F.40 em 2006 e UA I.80 em 2007. Em oposição, a menor diminuição do teor de azoto está associada a menor produção, como é o caso da UA C.30, em 2007, em que o vingamento foi bastante afectado pela ocorrência de geada, tendo-se verificado uma forte redução da produção.

A UA H.10, em 2007, apresentou uma variação positiva do teor de azoto entre Junho e Julho, variação que pode ser atribuída não só à baixa produção resultante de uma poda demasiado severa, como à aplicação de fertilizante orgânico de origem avícola, em Junho do referido ano.

Os resultados alcançados vêm pôr em evidência a necessidade de uma gestão fraccionada do azoto e do seu ajustamento à produção esperada em cada ano, de modo a obter o equilíbrio desejado entre crescimento vegetativo e frutificação.

5.3.2.2. Fósforo

O teor de fósforo variou entre 0,02% e 0,26%, em Junho, e entre 0,11% e 0,21%, em Julho (Quadro 5.14), considerando os três ciclos.

No que respeita ao mês de Julho, podemos dizer que 30% das UAs em 2005, 10% das UAs em 2006 e 50% das UAs em 2007, apresentam teores de fósforo abaixo dos intervalos considerados como suficientes, quer por Jones *et al.* (1991), quer por LQARS (2006), respectivamente 0,14%–0,25%, e 0,14%–0,30%.

Em Junho de 2005 o teor médio de fósforo foi de 0,10%, podendo ser considerado baixo em todas as UAs. Ainda considerando a mesma época, em 2006 o teor médio de fósforo foi 0,21%, igual ao referido por Pires (2005), mas inferior a 0,24% referido por Nunes (2005), num estudo de ambos os autores sobre a mesma cultivar, época e região. Em 2007 o teor médio de fósforo foi de 0,14%, em Junho, e de 0,13%, em Julho, teores

considerados baixos, considerando intervalo de 0,21%–0,26%, considerado como adequado (Jordão *et al.*, 2008), para esta época e cultivar.

Quadro 5.14. Teor foliar de fósforo (%) nos ciclos vegetativos 2005, 2006 e 2007.

U.A.	2005		2006		2007	
	15-Jun-05	26-Jul-05	12-Jun-06	26-Jul-06	18-Jun-07	27-Jul-07
A.50	0,11	0,11	0,24	0,15	0,15	0,13
B.70	0,12	0,17	0,26	0,18	0,12	—
C.30	0,09	0,16	0,24	0,18	0,20	0,14
D.20	0,10	0,17	0,21	0,18	0,17	0,19
E.60	0,07	0,13	0,21	0,15	0,13	0,10
F.40	0,11	0,16	0,23	0,17	0,20	0,12
G.90	0,08	0,17	0,17	0,09	0,02	0,07
H.10	0,11	0,16	0,19	0,14	0,08	0,15
I.80	0,12	0,13	0,19	0,21	0,13	0,16
J.00	0,10	0,16	0,19	0,16	0,19	0,12
Média	0,10	0,15	0,21	0,16	0,14	0,13

A UA G.90 apresentou teores de fósforo particularmente baixos em 2007, o que está intimamente relacionado com a baixa disponibilidade de fósforo no solo (Quadro 5.7), embora o agricultor tivesse sido aconselhado a fazer aplicações de fósforo no final de 2005 e de 2006.

Com exceção do ciclo 2005, o teor de fósforo apresenta valores decrescentes entre as duas épocas de amostragem. Silva (2004), para a cv. Diamond Princess, refere um teor de fósforo decrescente ao longo do ciclo, considerando o período de Maio a Agosto. A mesma evolução decrescente do teor de fósforo, entre Junho e Julho, foi observada por Pires (2005) e Cardoso (2006) para a cv. Rich Lady. Contudo, Nunes (2005), com a cv. O’Henry, observou teores mais elevados de fósforo no final do ciclo vegetativo, 200 DAPF relativamente a 120 DAPF.

5.3.2.3. Potássio

O teor de potássio variou entre 1,55% e 3,67%, em Junho, e entre 1,44% e 3,24%, em Julho, numa análise dos três ciclos (Quadro 5.15).

Considerando a época de Julho e os intervalos de referência indicados por Jones *et al.* (1991) e por LQARS (2006), respectivamente 2,00%–3,00% e 2,00%–3,50%, verificamos que 60% das UAs, em 2005, e 10% das UAs, em 2007, apresentam teores elevados de potássio, de acordo com Jones *et al.* (1991), mas nenhuma UA apresentou um teor de potássio superior a 3,50%.

Quadro 5.15. Teor foliar de potássio (%) nos ciclos vegetativos 2005, 2006 e 2007.

U.A.	2005		2006		2007	
	15-Jun-05	26-Jul-05	12-Jun-06	26-Jul-06	18-Jun-07	27-Jul-07
A.50	2,24	2,46	2,65	2,53	2,45	1,44
B.70	2,70	2,70	3,03	2,95	2,41	-
C.30	2,81	3,42	2,89	2,75	2,57	2,25
D.20	2,81	3,17	2,99	2,44	1,55	3,24
E.60	2,76	1,97	2,83	2,03	2,60	2,14
F.40	2,05	2,82	2,18	1,87	2,70	2,14
G.90	2,40	3,24	2,96	2,28	2,26	2,07
H.10	2,56	3,15	3,00	2,55	2,64	2,50
I.80	2,75	3,10	3,67	2,72	2,93	2,72
J.00	2,81	3,03	3,05	2,92	2,03	2,39
Média	2,59	2,91	2,93	2,50	2,41	2,32

Apesar da elevada disponibilidade de potássio no solo na maioria das UAs (Quadro 5.7), em Julho observou-se um teor de potássio inferior a 2,00%, em 10% das UAs. Nesta situação destaca-se a UA F.40 que, no conjunto das UAs, apresentou o teor mais baixo em três das seis épocas amostradas, o que poderá estar relacionado com a menor disponibilidade do solo em potássio e também com a textura mais argilosa do solo.

Em Junho o teor médio de potássio foi de 2,59%, em 2005, 2,93%, em 2006 e 2,41%, em 2007, valores próximos de 2,64% e 2,66% referidos, respectivamente, por

Cardoso (2006) e Pires (2004) para a mesma época e cultivar, e dentro do intervalo de 2,4%–3,0%, considerado como adequado para esta época e cultivar (Jordão *et al.*, 2008).

A evolução do teor de potássio entre as duas épocas de amostragem não é semelhante entre os ciclos, verificando-se um decréscimo do teor de potássio entre os 95 e 135 DAPF em 2006 e 2007, contrariamente ao observado em 2005. Na cv. Diamond Princess a evolução do teor de potássio apresentou teores crescentes de Maio (67 DAPF) a Junho (95 DAPF) e decrescentes de Junho a Agosto (155 DAPF), de acordo com os trabalhos realizados por Silva (2004). Evolução semelhante é referida por Pires (2005), para a cv. Rich Lady e cv. O’Henry, mas não foi consistentemente alcançada por Nunes (2005) que refere teores de potássio superiores nos 145 DAPF, numa unidade de amostragem com Rich Lady.

5.3.2.4. Cálcio

O teor de cálcio variou entre 0,67% e 2,49%, em Junho, e entre 1,06% e 3,15%, em Julho, considerando os três ciclos (Quadro 5.16).

Quadro 5.16. Teor foliar de cálcio (%) nos ciclos vegetativos 2005, 2006 e 2007.

U.A.	2005		2006		2007	
	15-Jun-05	26-Jul-05	12-Jun-06	26-Jul-06	18-Jun-07	27-Jul-07
A.50	1,58	1,64	0,90	1,90	1,62	1,70
B.70	1,86	2,32	0,81	1,92	1,39	2,58
C.30	1,97	2,20	0,96	2,05	1,44	1,43
D.20	1,43	2,65	0,75	1,59	1,10	1,36
E.60	1,79	2,41	1,06	1,95	1,19	1,06
F.40	1,92	3,06	1,06	1,91	1,52	1,45
G.90	1,58	2,79	0,67	1,09	1,17	1,41
H.10	2,18	3,15	1,35	3,06	1,86	2,88
I.80	2,49	2,59	1,08	2,23	1,76	1,21
J.00	1,88	2,70	1,00	1,98	2,36	1,72
Média	1,87	2,55	0,96	1,97	1,54	1,68

Considerando a época de Julho e os intervalos de referência indicados por Jones *et al.* (1991) e por LQARS (2006), respectivamente 1,80%–2,70% e 1,50%–2,70%, verificamos que, em 2005, 60% das UAs apresentaram teores de cálcio dentro dos intervalos de referência, mas 10% das UAs apresentaram um teor de cálcio baixo e 30% das UAs apresentaram um teor de cálcio superior a 2,70%. Em 2006, a média do teor de cálcio referente à época de Julho foi de 1,97%, com apenas 10% das UAs a apresentarem um valor inferior a 1,50%, mas em 2007 a média do teor de cálcio, na mesma época foi de 1,68%, bastante inferior à observada em 2005, verificando-se que 60% das UAs apresentaram teores inferiores a 1,50%.

A UA H.10 apresentou os teores de cálcio mais elevados em três das seis épocas de amostragem, no conjunto das UAs e dos ciclos estudados, sendo também a UA que apresentou o pH mais elevado.

A UA E.60 apresentou, em 2007, baixos teores de cálcio, tanto em Junho como em Julho, verificando-se um decréscimo entre as duas datas de amostragem. Neste ciclo, esta UA apresentou teores muito elevados de azoto, podendo ter-se verificado um decréscimo da absorção de cálcio em virtude do aumento da disponibilidade de azoto, tal como referido por Jones *et al.* (1991) para os citrinos, conjugado possivelmente com o baixo pH do solo observado nesta UA.

Considerando as duas épocas de amostragem verificou-se um acréscimo do teor de cálcio entre os 95 DAPF e os 135 DAPF para qualquer dos ciclos considerados, o que está de acordo com os resultados obtidos na região, para a mesma cultivar (Nunes, 2005; Pires, 2005; Cardoso, 2006), e ainda com os trabalhos de Silva (2004), na cv. Diamond Princess, que refere teores de cálcio crescentes de Maio (67 DAPF) a Agosto (155 DAPF).

5.3.2.5. Magnésio

O teor de magnésio variou entre 0,23% e 0,61%, em Junho, e entre 0,23% e 0,51%, em Julho, no conjunto dos três ciclos (Quadro 5.17).

Considerando a época de Julho e o intervalo de referência de 0,30%–0,80%, indicado por Jones *et al.* (1991) e por LQARS (2006), verificamos que em 2005 todas as UAs apresentavam valores dentro do referido intervalo, mas em 2006, 20% das UAs apresentavam teores de magnésio baixos e, em 2007, 60% das UAs apresentavam teores de magnésio inferiores a 0,30% ou seja, abaixo do limite inferior do intervalo de referência.

Quadro 5.17. Teor foliar de magnésio (%) nos ciclos vegetativos 2005, 2006 e 2007.

U.A.	2005		2006		2007	
	15-Jun-05	26-Jul-05	12-Jun-06	26-Jul-06	18-Jun-07	27-Jul-07
A.50	0,35	0,32	0,39	0,33	0,31	0,22
B.70	0,28	0,40	0,32	0,33	0,34	-
C.30	0,28	0,29	0,36	0,35	0,33	0,26
D.20	0,23	0,35	0,31	0,29	0,25	0,28
E.60	0,41	0,44	0,51	0,50	0,26	0,25
F.40	0,37	0,52	0,61	0,51	0,27	0,28
G.90	0,26	0,36	0,34	0,26	0,33	0,23
H.10	0,38	0,45	0,44	0,44	0,24	0,47
I.80	0,45	0,46	0,44	0,46	0,25	0,41
J.00	0,39	0,46	0,48	0,47	0,38	0,32
Média	0,34	0,41	0,42	0,39	0,30	0,30

Em Junho de 2005 a média do teor de magnésio foi de 0,34%, teor inferior ao obtido por Nunes (2005) e Pires (2005), para a mesma época. Em 2006, o teor de magnésio foi de 0,42%, valor superior ao registado no ciclo anterior, mas semelhante a 0,43% referido por Nunes (2005) e Pires (2005). Em 2007 a média do teor de magnésio foi de 0,30%, sendo este o ciclo onde, globalmente, se registaram os valores mais baixos. No conjunto dos três ciclos, relativamente a esta época (Junho), tanto em 2005 como em 2007, a média do teor foliar de magnésio esteve abaixo do intervalo 0,37%–0,55%, considerado como adequado para esta época e cultivar por Jordão *et al.* (2008).

A UA F.40 apresentou os teores de magnésio mais elevados em Julho de 2005 e nas duas épocas de 2006, mas em 2007 apresenta um teor de magnésio inferior à média global. Tratando-se de um pomar ainda jovem, provavelmente os teores de magnésio mais elevados, referentes a 2005 e 2006, poderão estar relacionados com alguma fertilização realizada à plantação. É interessante notar que em 2006, nesta UA, o teor de magnésio apresenta uma evolução decrescente entre as duas amostragens, provavelmente devido à elevada produção deste pomar neste ciclo.

A UA G.90 apresentou baixos teores de magnésio em três das seis épocas de amostragem, verificando-se um decréscimo do teor de magnésio entre as duas épocas, tanto em 2006 como em 2007. Em 2006 observaram-se folhas com uma clorose marginal, permanecendo a parte central, junto à nervura, de um verde mais intenso, formando um V invertido (Fig. 5.5), sintomatologia associada à carência de magnésio (Strand, 1999).

Considerando as duas épocas de amostragem, verificou-se um acréscimo do teor de magnésio entre os 95 DAPF e os 135 DAPF, em 2005, um decréscimo em 2006 e a sua manutenção em 2007. Silva (2004) refere uma evolução crescente até Junho quando se verifica uma estabilização do teor de magnésio até aos 155 DAPF, o que está de acordo com o observado em 2007. O decréscimo global observado em 2006 resulta essencialmente do decréscimo observado nas UAs F.40 e G.90, o que poderá estar relacionado com as elevadas produções da F.40 e provavelmente com a escassez deste nutriente no solo, na G.90.



Figura 5.5. Folhas com sintomatologia de carência de magnésio recolhidas na UA G.90 em 26 de Junho de 2007. À direita: folha sem sintomas.

5.3.2.6. Ferro

O teor de ferro variou entre 45,2 mg·kg⁻¹ e 126,9 mg·kg⁻¹, em Junho, e entre 40,9 mg·kg⁻¹ e 143,8 mg·kg⁻¹, em Julho, como resultado global dos três ciclos (Quadro 5.18).

Quadro 5.18. Teor foliar de ferro ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) nos ciclos vegetativos 2005, 2006 e 2007.

U.A.	2005		2006		2007	
	15-Jun-05	26-Jul-05	12-Jun-06	26-Jul-06	18-Jun-07	27-Jul-07
A.50	58,5	143,6	116,3	126,9	74,9	66,1
B.70	76,0	132,0	93,2	109,6	66,3	—
C.30	45,4	75,9	114,2	92,5	83,5	51,6
D.20	45,2	69,7	118,6	103,0	78,6	59,7
E.60	51,7	103,8	111,6	100,2	73,3	45,6
F.40	60,2	100,2	110,2	98,5	61,4	40,9
G.90	68,1	134,1	105,3	138,6	83,6	77,5
H.10	80,0	143,8	126,9	115,3	83,0	79,5
I.80	70,9	86,3	98,0	104,1	68,2	46,8
J.00	57,6	88,5	94,7	93,9	78,3	43,1
Média	61,3	107,8	108,9	108,3	75,1	56,8

Em Julho, considerando o limite inferior de referência de $60 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (LQARS, 2006), verificamos que, em 2005 e 2006, todas as UAs apresentavam valores superiores a $60 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, mas em 2007, 50% das UAs apresentavam teores de ferro baixos, com uma média de $56 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, valor inferior ao limite de referência.

Em Junho de 2005 a média do teor de ferro foi de $61,3 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, valor inferior ao obtido por Nunes (2005) e Pires (2005), para a mesma época, respectivamente $105 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ e $99,5 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Em 2006, o teor de ferro foi de $108,9 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, superior ao registado no ciclo anterior, mas na mesma ordem de grandeza do referido por Nunes (2005) e Pires (2005). Em 2007 a média do teor de ferro foi de $75,1 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, sendo neste ciclo que, globalmente, se registaram os valores mais baixos. Nesta época (Junho), no conjunto dos três ciclos, apenas em 2006, a média do teor foliar de ferro esteve dentro do intervalo $87\text{--}114 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, considerado como adequado para esta época e cultivar por Jordão *et al.* (2008).

A UA H.10 apresentou os teores de ferro mais elevados em quatro das seis épocas avaliadas, o que poderá estar relacionado com a aplicação de fertilizante orgânico avícola. Nas UAs A.50 e G.90 o teor de ferro mais elevado poderá estar associado com o baixo pH do solo.

Considerando as duas épocas de amostragem de cada ciclo, verificou-se um acréscimo do teor de ferro entre os 95 DAPF e os 135 DAPF, em 2005, mas observou-se um ligeiro decréscimo em 2006 e um decréscimo mais acentuado em 2007. Esta variação de teor de ferro não está de acordo com os resultados alcançados por Silva (2004), trabalhando com a cv. Diamond Princess, que refere uma evolução crescente do teor de ferro de 49 mg·kg⁻¹ em Maio (67 DAPF) a 100 mg·kg⁻¹ em Agosto (155 DAPF).

5.3.2.7. Cobre

O teor de cobre variou entre 4,7 mg·kg⁻¹ e 12,2 mg·kg⁻¹, em Junho, e entre 4,0 mg·kg⁻¹ e 7,5 mg·kg⁻¹, em Julho, para os três ciclos estudados (Quadro 5.19).

Quadro 5.19. Teor foliar de cobre (mg·kg⁻¹) nos ciclos vegetativos 2005, 2006 e 2007.

U.A.	2005		2006		2007	
	15-Jun-05	26-Jul-05	12-Jun-06	26-Jul-06	18-Jun-07	27-Jul-07
A.50	5,7	4,1	9,0	6,4	9,6	6,6
B.70	7,0	5,6	9,3	6,8	7,5	-
C.30	6,3	3,9	10,1	6,4	8,9	4,9
D.20	5,2	5,0	7,2	5,6	7,0	5,5
E.60	4,7	5,4	8,0	4,6	7,5	4,0
F.40	7,3	4,9	11,5	6,9	9,4	4,6
G.90	5,4	5,6	7,2	4,0	5,4	3,2
H.10	6,7	5,2	12,2	7,5	7,6	5,2
I.80	5,6	4,5	9,2	6,7	8,2	5,2
J.00	6,8	4,9	8,5	6,0	8,9	5,0
Média	6,1	4,9	9,2	6,1	8,0	4,9

Em Julho, e de acordo com o intervalo de referência de 5–16 mg·kg⁻¹ (Jones *et al.*, 1991; LQARS, 2006), verificou-se que 40% das UAs apresentavam valores inferiores a 5 mg·kg⁻¹ em 2005, mas em 2006 apenas 20% das UAs apresentavam teores de cobre

baixos. Tanto em 2005 como em 2007 se observou um teor foliar médio de cobre de $4,9 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, valor inferior ao intervalo de referência.

Em Junho de 2005 a média do teor de cobre foi de $6,1 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, teor inferior a $8 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, obtido por Nunes (2005) e Pires (2005), para a mesma época e cultivar. Em 2006 o teor de cobre foi de $9,2 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, valor superior ao verificado no ciclo anterior e, em 2007, a média do teor de cobre foi de $8,0 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, semelhante ao valor alcançado por Nunes (2005) e Pires (2005). No conjunto dos três ciclos, nesta época (Junho), a média do teor foliar de cobre esteve sempre dentro do intervalo $6\text{--}13 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, considerado como adequado por Jordão *et al.* (2008) para a mesma cultivar e época.

O teor de cobre mais baixo observado em 2005 poderá estar relacionado com um menor número de tratamentos cúpricos realizados pelos agricultores neste ciclo, em virtude da menor quantidade de precipitação ocorrida.

As UAs E.60 e G.90 apresentaram teores de cobre baixos, respectivamente em três e duas das seis épocas avaliadas, o que poderá indicar uma menor quantidade de tratamentos cúpricos à queda das folhas ou ao abrolhamento.

Considerando as duas épocas de amostragem de cada ciclo, verificou-se um decréscimo dos valores médios do teor de cobre entre os 95 DAPF e os 135 DAPF, em todos os ciclos. Esta variação de teor de cobre está de acordo com os resultados alcançados por Silva (2004), trabalhando com a cv. Diamond Princess, que refere uma evolução crescente do teor de cobre entre Maio e Junho, seguida de um decréscimo de $9,0 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ em Junho (95 DAPF) para $4,7 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ em Agosto (155 DAPF).

O decréscimo observado entre Junho e Julho em 2005 ($-1,2 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) é inferior ao observado nos ciclos 2006 e 2007 ($-3,1 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$).

5.3.2.8. Zinco

O teor de zinco variou entre $12,7 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ e $46,3 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, em Junho, e entre $7,7 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ e $24,7 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, em Julho, para os três ciclos estudados (Quadro 5.20).

Em Junho de 2005 a média do teor de zinco foi de $17,2 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, da mesma ordem de grandeza do obtido por Cardoso (2005) para a mesma época e cultivar ($18,5 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$). Em 2006, o teor de zinco foi de $23,7 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, valor superior ao do ciclo anterior, mas situado no intervalo dos valores referidos por Nunes (2005) e Pires (2005), respectivamente $27 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ e $20 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Em 2007, a média do teor de zinco foi de $30,9 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, tendo sido o ciclo que, globalmente, registou os valores mais elevados. No conjunto dos três

ciclos, nesta época (Junho), apenas em 2005, a média do teor foliar de zinco se situou ligeiramente abaixo do intervalo 18–27 mg·kg⁻¹, considerado como adequado, para esta época e cultivar, por Jordão *et al.* (2008), embora se observem UAs com teores muito abaixo do intervalo de referência. Contudo, apesar dos baixos teores foliares de zinco, não se observaram sintomas de deficiência em nenhuma das UAs.

Quadro 5.20. Teor foliar de zinco (mg·kg⁻¹) nos ciclos vegetativos 2005, 2006 e 2007.

U.A.	2005		2006		2007	
	15-Jun-05	26-Jul-05	12-Jun-06	26-Jul-06	18-Jun-07	27-Jul-07
A.50	19,6	11,6	28,5	22,0	37,3	19,0
B.70	18,6	21,4	35,2	22,5	30,5	-
C.30	20,7	8,9	28,4	17,3	46,3	16,2
D.20	13,5	13,7	19,8	12,1	26,8	14,7
E.60	15,1	24,7	22,6	14,4	31,1	13,1
F.40	21,4	13,8	32,0	22,0	41,8	12,3
G.90	12,7	15,4	17,5	10,3	19,4	7,7
H.10	14,9	11,2	16,7	9,5	22,8	11,8
I.80	19,3	9,6	18,8	10,3	26,4	13,6
J.00	16,6	11,5	17,6	9,9	26,8	12,9
Média	17,2	14,2	23,7	15,0	30,9	13,5

A UA B.70 apresentou os teores de zinco mais elevados em 2006, ciclo durante o qual começaram a manifestar-se sintomas de definhamento das plantas. Esta UA está localizada numa parcela muito plana, nas margens do rio Zêzere, onde a drenagem é bastante precária. Marschner (1995) refere que, em situações de cultivo do arroz por alagamento, há uma maior actividade da enzima álcool desidrogenase, que contém dois átomos de zinco, o que poderá ser uma explicação para o teor mais elevado de zinco nesta situação.

Considerando as duas épocas de amostragem de cada ciclo, verificou-se consistentemente um decréscimo do teor de zinco entre os 95 DAPF e os 135 DAPF.

Esta variação de teor de zinco foi também observada por Silva (2004), trabalhando com a cv. Diamond Princess, que refere uma evolução decrescente do teor de zinco de 24,1 mgkg⁻¹ em Maio (67 DAPF) até 7,3 mgkg⁻¹ em Agosto (155 DAPF).

5.3.2.9. Manganês

O teor de manganês variou entre 43,7 mgkg⁻¹ e 179,7 mgkg⁻¹, em Junho, e entre 33,4 mgkg⁻¹ e 159,1 mgkg⁻¹, em Julho, para os três ciclos em estudo (Quadro 5.21).

Quadro 5.21. Teor foliar de manganês (mgkg⁻¹) nos ciclos vegetativos 2005, 2006 e 2007.

U.A.	2005		2006		2007	
	15-Jun-05	26-Jul-05	12-Jun-06	26-Jul-06	18-Jun-07	27-Jul-07
A.50	127,5	59,5	163,0	159,1	143,1	124,2
B.70	47,1	203,7	53,4	64,2	41,7	–
C.30	57,7	156,7	68,1	66,1	56,6	45,7
D.20	93,9	69,2	119,4	137,1	94,2	97,2
E.60	96,7	128,5	151,7	143,4	179,7	122,5
F.40	108,3	112,4	118,7	115,1	121,8	83,0
G.90	49,9	68,9	56,9	53,5	47,8	33,4
H.10	79,4	112,2	120,5	135,5	95,4	80,5
I.80	99,2	126,0	91,4	87,1	92,5	67,5
J.00	43,7	59,9	48,7	52,1	78,9	76,4
Média	80,4	109,7	99,2	101,3	95,2	81,1

Na época de Julho, e considerando o limite inferior de referência de 30 mgkg⁻¹ (LQARS, 2006), verificou-se que, em todos os ciclos e UAs, os teores de manganês foram superiores a 30 mgkg⁻¹.

Em Junho de 2005 a média do teor de manganês foi de 80,4 mgkg⁻¹, teor próximo de 86 mgkg⁻¹ obtido por Pires (2005), para a mesma época e cultivar. Em 2006, o teor de manganês foi de 99,2 mgkg⁻¹, valor superior ao observado no ciclo anterior, mas semelhante ao referido por Nunes (2005). Em 2007 a média do teor de manganês foi de 95,2 mgkg⁻¹. Nesta época (Junho), no conjunto dos três ciclos, apenas

em 2005, a média do teor foliar de manganês se situou abaixo do intervalo 83–110 mg·kg⁻¹, considerado como adequado para esta época e cultivar por Jordão *et al.* (2008), observando-se quatro UAs com teores abaixo de 60 mg·kg⁻¹.

As UAs A.50 e E.60 apresentaram os teores de manganês mais elevados no conjunto das UAs, o que poderá estar relacionado com o elevado teor de azoto foliar apresentado por estas UAs. Com efeito, os teores mais elevados de manganês ocorrem em Junho de 2006, na UA A.50 (163 mg·kg⁻¹), e em Junho de 2007, na UA E.60 (179,7 mg·kg⁻¹), épocas nas quais as UAs referidas apresentaram teores foliares de azoto superiores a 4% (Quadro 5.13). Teores elevados de manganês em plantas com teores elevados de azoto foram também observados em plantas envasadas (Simões *et al.*, 2005). Considerando todas as UAs e ciclos, a relação obtida entre o teor foliar de azoto e de manganês, embora com um coeficiente de determinação baixo, revelou-se significativa ($Mn = 771,98 - 435,2 N + 67,97 N^2$; $R_a^2 = 0,227$; $F_{[2,27]} = 5,25$; $p=0,012$)².

Sobre as duas épocas de amostragem verificou-se um acréscimo do teor de manganês entre os 95 DAPF e os 135 DAPF, em 2005 e 2006, mas observou-se um decréscimo em 2007. Nos trabalhos realizados por Silva (2004), com a cv. Diamond Princess, não se observou um padrão de variação do teor de manganês ao longo do período de Maio a Agosto, tendo o teor de manganês oscilado entre 47,7 mg·kg⁻¹ e 53,7 mg·kg⁻¹.

5.3.3. Condições associadas à susceptibilidade a *Phomopsis amygdali*

Na pesquisa de uma explicação para a diferente incidência do cancro nos dez pomares de pessegueiro da cv. Rich Lady, utilizou-se a Análise de Correspondências Múltiplas (ACM) à semelhança da metodologia utilizada por Bertrand *et al.* (2007) no estudo de doenças do lenho em videiras.

A ACM tem por base a discretização das variáveis, de modo a procurar a melhor representação simultânea de conjuntos de dados identificando a proximidade da distribuição espacial de nuvens de pontos através de uma análise de χ^2 . Segundo Lebart *et al.* (1997), a análise dos resultados da ACM deve basear-se na representação gráfica relativamente aos eixos factoriais identificados, considerando o valor de \cos^2 como um

² * = Significância para $p < 0,05$.

parâmetro indicador da qualidade de representação e considerando simultaneamente as contribuições, que traduzem a parte da variância correspondente a cada nível da variável.

Na ACM foram consideradas as variáveis cancro (Canc), teor foliar de azoto (N), precipitação de Novembro a Março (PNM) e a idade da planta (anos). Embora num primeiro passo tivessem sido discretizados e englobados na análise todos os elementos químicos utilizados na caracterização do estado de nutrição, no final, apenas foi retido o teor de azoto, uma vez que apenas este elemento apresentou valores de contribuição e \cos^2 elevados. Por outro lado foi introduzida na análise a idade da planta, em virtude não só da observação de maior incidência de cancro nos pomares mais velhos, como pelo facto de esse aspecto ser referido por Schnabel e Lalancette (2003) como factor indutor de maior susceptibilidade.

Nos resultados obtidos na ACM deverá ser sempre tida em consideração a falta de homogeneidade dos pomares (UA) no que respeita a um vasto conjunto de técnicas culturais nomeadamente poda, rega e protecção fitossanitária, podendo interferir no comportamento das plantas algumas variáveis não quantificadas.

Como resultado da ACM, considerando as variáveis cancro, azoto, PNM e idade da planta, verifica-se que os primeiros três eixos factoriais explicam 58% da variância (Quadro 5.22), pelo que se baseou a análise nos primeiros três eixos, embora a representação gráfica se tenha restringido ao primeiro plano factorial. Para facilidade de análise foram assinalados os trajectos definidos pelos níveis de cada variável (Fig. 5.6).

Quadro 5.22. Valor próprio e percentagem da variância explicada pelos eixos factoriais da Análise de Correspondências Múltiplas.

Eixo factorial	Valor próprio	Percentagem da variância		Eixo factorial	Valor próprio	Percentagem da variância	
		%	% Acum			%	% Acum
1	0,56	24,3	24,3	6	0,19	8,1	88,1
2	0,43	18,8	43,1	7	0,12	5,3	93,4
3	0,36	15,6	58,7	8	0,08	3,3	96,7
4	0,29	12,5	71,2	9	0,06	2,7	99,4
5	0,20	8,8	80,0	10	0,01	0,6	100,0

Da análise da Figura 5.6 poderemos verificar que o trajecto da variável cancro vai do quarto quadrante para o primeiro, passando pelo segundo e terminando no terceiro quadrante. O trajecto definido pelos níveis da variável idade (Figura 5.6-A) é muito próximo do trajecto definido pelos níveis da variável cancro, indo do quarto quadrante para o segundo, terminando no terceiro quadrante. O trajecto da variável N inicia-se no primeiro quadrante, passa pelo segundo quadrante e termina no terceiro quadrante. A variável precipitação de Novembro a Março apresenta uma trajectória pouco próxima da variável cancro, observando-se, no entanto, forte associação entre o nível mais baixo desta variável (PNM1) e a ausência de cancro e os níveis mais elevados da variável cancro estão associados também a precipitação mais elevada (Quadros 5.23 e 5.24).

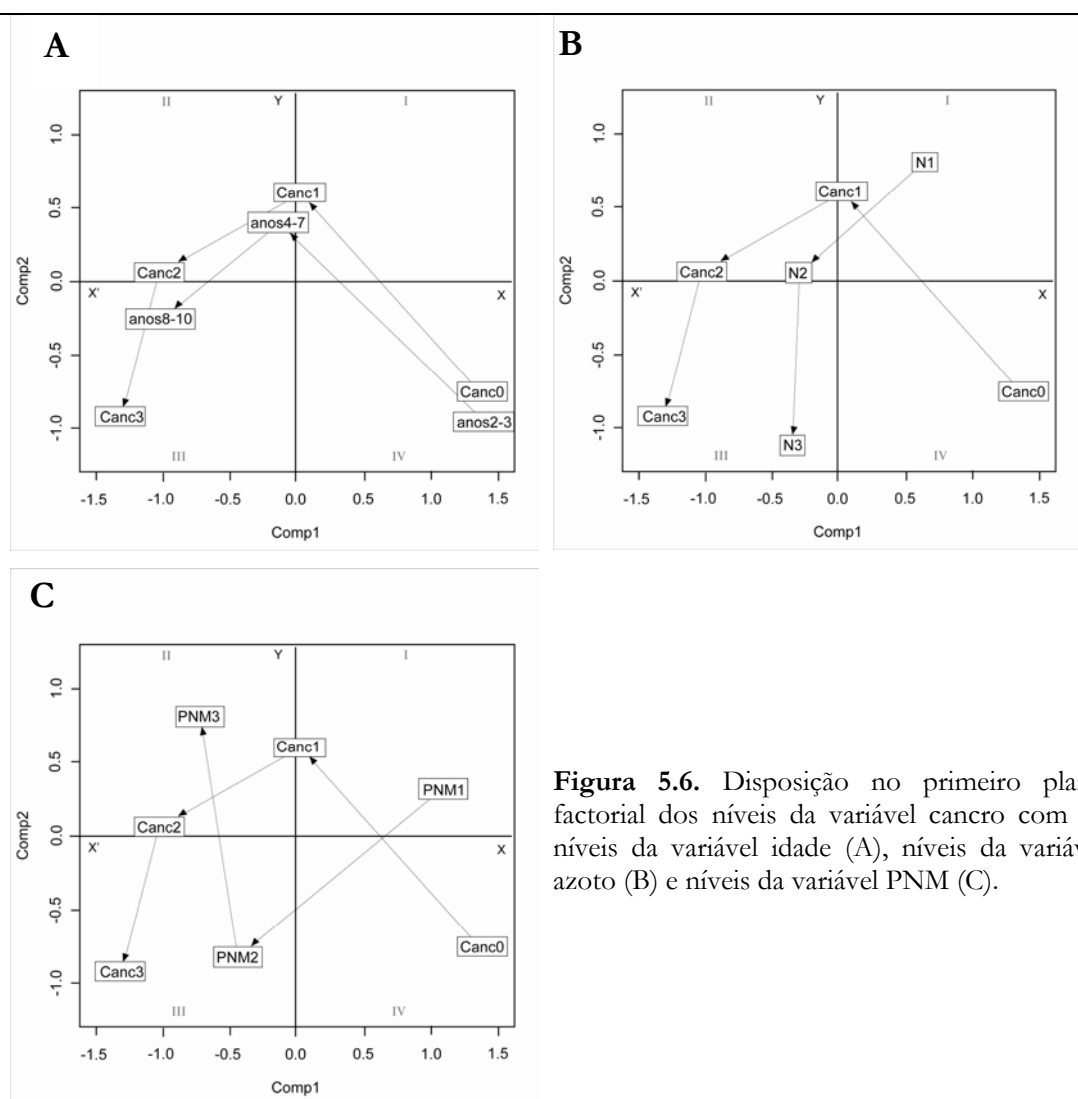


Figura 5.6. Disposição no primeiro plano factorial dos níveis da variável cancro com os níveis da variável idade (A), níveis da variável azoto (B) e níveis da variável PNM (C).

Quadro 5.23. Disposição no primeiro e segundo eixo factorial, dos níveis de cancro, idade da planta, azoto e PNM.

Nível da variável	1.º eixo factorial			2.º eixo factorial		
	Coord.	Contribuição	Cos ²	Coord.	Contribuição	Cos ²
Canc0	1,36	19,83	0,58	-0,71	6,84	0,15
Canc1	0,03	0,01	0,00	0,56	7,90	0,24
Canc2	-1,02	7,86	0,21	0,07	0,04	0,00
Canc3	-1,28	7,52	0,19	-0,81	3,84	0,07
Anos2-4	1,39	17,57	0,49	-0,89	9,44	0,20
Anos4-7	-0,15	0,64	0,03	0,35	4,31	0,17
Anos8-10	-0,98	8,80	0,25	-0,16	0,32	0,00
N1	0,64	6,19	0,21	0,77	11,69	0,31
N2	-0,31	1,76	0,06	0,16	0,58	0,02
N3	-0,37	1,69	0,05	-1,21	22,92	0,51
PNM1	1,09	17,97	0,61	0,35	2,36	0,06
PNM2	-0,44	3,56	0,13	-0,87	17,94	0,50
PNM3	-0,74	6,60	0,19	0,87	11,80	0,26

Os 1.º e o 2.º eixos factoriais estão definidos essencialmente pelos níveis nulo ou baixo de incidência da doença e os 3.º e o 4.º eixos factoriais definem a maior incidência da doença.

No 1.º eixo factorial (Quadro 5.23), que explica 24,3% da variância, o nível da variável que apresenta uma contribuição mais elevada é PNM1, estando associado ao nível mais baixo da variável cancro (Canc0 – ausência de cancro), ao nível mais baixo da variável idade (anos2-3) e também ao nível mais baixo da variável azoto (N1), sendo os níveis das variáveis – Canc0, PNM1, anos2-3 e N1 – os que apresentam os valores de contribuição e cos² mais elevados. Assim, podemos dizer que a ausência da doença (definida pelo nível Canc0) está associada a plantas jovens (anos 2-3) e ao nível mais baixo de precipitação (PNM1) e também ao nível mais baixo da variável azoto, embora N1 apresente uma contribuição mais baixa e menor valor de cos².

No 2.º eixo factorial (Quadro 5.23), que explica 19% da variância, os níveis que apresentam os valores de contribuição e cos² mais elevados são os níveis Canc0 e Canc1 da variável Cancro, os níveis PNM2 e PNM3 da variável precipitação, os níveis N1 e N3 da variável azoto e o nível anos2-3 da variável idade. Este resultado permite-nos dizer que

baixa ou nula incidência de cancro (definida pelos níveis Canc0 e Canc1) pode estar associada a níveis moderados ou elevados de precipitação (PNM2 e PNM3) e níveis mais baixos ou mais elevados de azoto (N1 e N3), desde que associados a plantas jovens.

Quadro 5.24. Disposição no terceiro e quarto eixo factorial dos níveis de cancro, idade da planta, azoto e PNM.

Nível da variável	3.º eixo factorial			4.º eixo factorial		
	Coord.	Contribuição	Cos ²	Coord.	Contribuição	Cos ²
Canc0	-0,34	1,94	0,04	-0,48	4,82	0,07
Canc1	0,38	4,49	0,12	0,68	18,00	0,37
Canc2	0,10	0,11	0,00	-1,66	40,57	0,56
Canc3	-1,38	13,42	0,21	1,01	9,02	0,12
Anos2-3	-0,45	2,84	0,05	-0,43	3,35	0,05
Anos4-7	0,57	13,85	0,47	0,09	0,42	0,01
Anos8-10	-1,2	20,59	0,37	0,15	0,42	0,00
N1	0,25	1,48	0,03	-0,03	0,03	0,00
N2	-0,78	17,26	0,40	0,15	0,76	0,01
N3	0,90	15,37	0,29	-0,19	0,87	0,01
PNM1	-0,36	3,04	0,07	0,18	1,00	0,02
PNM2	0,43	5,19	0,12	0,38	5,14	0,10
PNM3	0,15	0,42	0,01	-0,81	15,59	0,23

No 3.º eixo factorial (Quadro 5.24), que explica 14% da variância, os níveis que apresentam os valores de contribuição e cos² mais elevados são Canc3 da variável Cancro, anos8-10 e anos4-7 da variável idade, níveis N2 e N3 da variável azoto e PNM2 da variável precipitação. Este eixo explica essencialmente a maior incidência da doença que aparece associada a pomares mais velhos (anos 8-10) e níveis mais elevados de azoto (N2 e N3), sendo menos determinante a variável PNM.

No 4.º eixo factorial (Quadro 5.24), que explica 12,5% da variância, os níveis que apresentam os valores de contribuição e cos² mais elevados são Canc3, da variável Cancro, e PNM3 da variável precipitação, o que indica que incidência intermédia a elevada de cancro aparece associada a nível de precipitação elevada, sem interferência de outros factores.

A diversidade de factores que contribuem para a variabilidade das plantas torna bastante complexa a análise da incidência da doença. No entanto a ACM permitiu visualizar uma grande associação entre a incidência de cancro e a idade das plantas, com os pomares jovens a apresentarem baixa ou nula incidência da doença e os pomares de idade mais elevada associados a maior incidência da doença, o que está de acordo com o referido por Schanabel e Lalancette (2003). Contudo, será importante assinalar que o factor idade poderia ainda apresentar uma associação mais forte na medida em que um pomar de idade jovem se comportou como os de idade mais avançada, comportamento associado às podas severas a que era sujeito e que se reflectiam no envelhecimento precoce das plantas. Paralelamente, um dos pomares com mais idade (J.00), devido ao cuidado maneio de que era alvo, aparentava ser mais jovem, apresentando uma posição próxima dos pomares de idade intermédia.

Para além da associação com os níveis mais baixos da idade, a ausência de cancro está associada com o nível mais baixo de precipitação e o nível mais baixo de azoto foliar.

A maior incidência de cancro, para além da associação a pomares mais velhos, está associada aos níveis mais elevados de teor de azoto foliar e aos níveis mais elevados de precipitação.

Assim, à semelhança do observado no ponto 6.3.2 (Evasos), a ACM permitiu inferir que a maior susceptibilidade a *P. amygdali* está associada a condições de precipitação mais elevada e também a níveis mais elevados de azoto, embora a mais ténue associação entre os níveis das variáveis consideradas possa ser atribuída quer à diversidade de condições de cultivo, como também ao facto dos dados meteorológicos utilizados se referirem às estações meteorológicas mais próximas que no entanto podem distar para cima de 20 km.

Considerando os resultados dos três ciclos, a análise de variância (teste não paramétrico) permitiu constatar a existência de diferenças significativas entre a incidência de cancro em UAs com solo de textura grosseira e UAs com solo de textura fina ($\chi^2=6,138$; $p=0,013$). Este resultado poderá indicar uma influência da textura na susceptibilidade a *P. amygdali*, à semelhança dos resultados alcançados por Vigouroux *et al.* (2000), que referem maior susceptibilidade de pessegueiros ao cancro bacteriano (*Pseudomonas syringae*³) em plantas cultivadas em solos de textura grosseira relativamente à susceptibilidade de

³ Os autores não referem o patovar. Em outro artigo da sua autoria e utilizado como referência bibliográfica é indicado *Pseudomonas syringae* pv. *persicae* (Prunier *et al.*) Young *et al.*

plantas cultivadas em solos de textura fina. Os autores mencionam que a susceptibilidade das plantas está directamente relacionada com o teor de humidade dos ramos, sendo este dependente quer da textura do solo, quer da época de poda. Solos de textura fina e plantas podadas mais tardiamente apresentaram ramos com menor teor de água, que por sua vez manifestaram menor susceptibilidade ao cancro bacteriano.

A inclusão da textura na ACM, utilizando apenas dois níveis, correspondentes respectivamente a textura grosseira e textura fina (Quadro 5.6), apresentou valores muito baixos de contribuição e \cos^2 , sugerindo, por essa análise, que a textura do solo não foi um factor determinante na susceptibilidade a *P. amygdali*. Para uma análise criteriosa da influência da textura na susceptibilidade ao cancro seria necessário um estudo mais dirigido, através de ensaio mais específico. Contudo, esse estudo não se apresenta prioritário dada a abundância de solos de textura grosseira na região e, paralelamente, as suas vantagens para a cultura do pessegueiro através da sua influência na permeabilidade do solo, evitando os fenómenos de encharcamento tão nocivos ao pessegueiro.

5.4. Conclusões

A incidência do cancro causado por *P. amygdali*, na região da Beira Interior, foi baixa em pessegueiros da cv. Rich Lady, no período 2005 a 2007, tendo variado entre 0,42% e 3,35% de ramos atacados, da qual resultou uma redução de produção também baixa, que oscilou entre 0,5% a 3,5%, expressa em número de frutos.

A baixa precipitação ocorrida no período de Novembro a Março, em dois dos três anos em estudo, contribuiu para a baixa incidência da doença, tendo-se observado uma incidência crescente de 2005 para 2007, período durante o qual também se observaram quantidades de precipitação crescentes.

Os pomares mais velhos apresentaram maior susceptibilidade relativamente a pomares mais jovens, sendo a idade das plantas a variável que apresentou maior associação com a susceptibilidade ao cancro.

A maior susceptibilidade a *P. amygdali* apareceu também associada a níveis mais elevados de teor de azoto foliar. Contudo podem observar-se níveis baixos de incidência de cancro associados a níveis mais elevados de teor de azoto foliar desde que as plantas sejam jovens.

Pomares estabelecidos em solos de textura grosseira apresentaram maior incidência de cancro relativamente aos pomares cultivados em solos de textura fina.

A análise do estado de nutrição permitiu verificar que as plantas apresentaram frequentemente teores baixos de cálcio e de magnésio, o que estará relacionado não só com a origem granítica dos solos em que se encontram instaladas a maioria das unidades de amostragem, como também pelo baixo pH observado em 70% das unidades de amostragem (considerando 0-20 cm de profundidade).

O teor de zinco apresentou-se com bastante frequência abaixo dos valores de referência embora não tivessem sido observados quaisquer sintomas de deficiência.

Com menor frequência observaram-se teores baixos de ferro e de cobre.

O teor de azoto situou-se frequentemente no intervalo de valores considerado suficiente embora, em pequena proporção, tivessem ocorrido situações de teor excessivo de azoto às quais por vezes apareceu associado um teor de manganês mais elevado.

Embora o solo em todas as unidades de amostragem tenha apresentado elevada disponibilidade de potássio, em todos os ciclos foi possível observar pelo menos uma unidade de amostragem com baixo teor foliar de potássio.

6. Avaliação da influência de diferentes níveis de fertilização azotada na susceptibilidade de pessegueiros a *Phomopsis amygdali* – ensaio em vasos.

6.1. Introdução

A fertilização azotada tem uma forte influência sobre o crescimento das plantas mas o seu efeito sobre a maior ou menor susceptibilidade a pragas e doenças é variável. Em pessegueiro, doses crescentes de azoto podem provocar uma diminuição da susceptibilidade a *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* (Cao *et al.*, 2005), assim como à ferrugem *Tranzschelia discolor* (Fckl.) Tranz.& Litv. (Tratch *et al.*, 2007) ou a maior susceptibilidade a *Monilinia fructicola* e *Grapholita molesta* (Busck) (Lepidoptera: Tortricidae) (Daane *et al.*, 1995).

A influência do azoto sobre a susceptibilidade a determinado parasita deverá ser considerada conjuntamente com o seu efeito no comportamento global da planta, com especial destaque nos parâmetros produtivos, pois o rendimento da cultura será sempre o objectivo principal.

O azoto é um elemento com grande interferência no metabolismo das plantas, começando desde logo com a sua participação na molécula de clorofila e, portanto, no consequente condicionamento da sua capacidade fotossintética. Para além da fotossíntese, o azoto apresenta uma forte influência nas características morfológicas, nomeadamente maior crescimento, o qual, provocando alterações das condições de arejamento e humidade, pode condicionar a sua susceptibilidade a parasitas (Marschner, 1995; Huber e Thompson, 2007).

De um modo indirecto o azoto pode interferir com outros nutrientes, modificando o teor destes, que por sua vez podem também condicionar o comportamento das plantas na susceptibilidade aos seus inimigos.

A variável disponibilidade de azoto por parte do solo, e a capacidade das plantas perenes na sua remobilização, tornam bastante difícil a obtenção de plantas com diferentes teores de azoto, em ensaios de campo, sendo os ensaios em vasos adoptados por diversos autores para maior controlo dos factores edáficos (Grasmanis e Edwards, 1974; Cao *et al.*, 2006). Contudo, neste tipo de ensaios, as plantas perenes apresentam uma forte restrição

do crescimento, não sendo fácil e seguro estabelecer uma relação directa entre os ensaios em vasos e a situação de campo.

O presente trabalho teve como objectivo avaliar a influência da fertilização azotada na susceptibilidade de pessegueiros, cultivados em vasos, não só ao cancro causado por *Phomopsis amygdali*, mas a todas as pragas e doenças que ocorressem naturalmente.

6.2. Material e metodologia

Para a concretização deste estudo foram estabelecidos dois ensaios, que decorreram, no seu conjunto, de Abril de 2003 a Abril de 2007. Nos ensaios foram utilizados pessegueiros instalados em vasos com uma capacidade de 30 L, e cheios com terra fina oriunda da parcela onde está instalado o pomar de pessegueiros da Escola Superior Agrária de Castelo Branco (ESACB), de modo a representar um solo local, com características favoráveis à cultura de pessegueiros.

A terra funcionou apenas como suporte físico, tendo sido decidido que se consideraria irrelevante o fornecimento de nutrientes pelo solo, ao longo do ciclo vegetativo. Antes da instalação das plantas foi avaliado o pH, de modo a permitir a correcção deste parâmetro.

A cultivar utilizada foi a Springcrest que é simultaneamente uma cultivar temporã e medianamente susceptível ao cancro causado por *P. amygdali* (Jailloux e Froidefond, 1978a).

A selecção de uma cultivar temporã prendeu-se essencialmente com as condições climáticas da Beira Interior que tornam muito problemática a sobrevivência das plantas envasadas, ao ar livre, durante o Verão, devido ao excesso de calor. No que respeita à susceptibilidade a *P. amygdali*, a escolha de uma cultivar muito susceptível poderia levar à morte das plantas com demasiada rapidez, o que era indesejável, e a selecção de uma cultivar muito pouco susceptível à doença poderia levar à ausência de resultados.

Os dois ensaios, designados na globalidade por Evasos, constituíram-se como repetições (Fig. 6.1).

Repetição 1

Ensaio instalado na Escola Superior Agrária de Castelo Branco, que se iniciou em Abril de 2003 e terminou em Abril de 2005.

Repetição 2

Ensaio instalado na exploração agrícola Quinta Nova, freguesia do Ferro, concelho da Covilhã, que se iniciou em Fevereiro de 2005 e terminou em Abril de 2007 (após observação no período de floração).

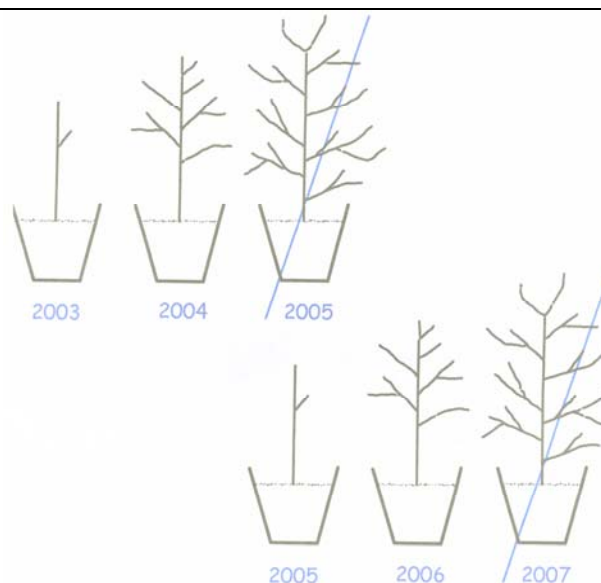


Figura 6.1. Esquema do ensaio em vasos.

Em ambos os ensaios os vasos foram colocados dentro de uma gaiola completamente vedada com uma rede de padrão hexagonal cujo espaçamento entre arames se situa entre 1,5 cm a 2 cm. A gaiola existente na ESACB pertence ao Centro de Estudos de Fertilidade e Fertilização, a estrutura é de postes de madeira tratada, tendo um volume de 287 m³ (14,2 m x 8,1 m x 2,5 m). A gaiola existente na Quinta Nova tem uma estrutura de ferro e um volume de 242 m³ (13,3 m x 7 m x 2,6 m).

As plantas não foram podadas durante o decorrer dos dois ciclos.

O solo utilizado nos dois ensaios foi retirado da mesma parcela e do mesmo local.

Cada ensaio foi constituído por 48 plantas, 4 blocos, 3 plantas por modalidade e bloco, num total de 12 plantas por modalidade. Cada vaso foi identificado com o número da modalidade e o número individual da planta (Anexo 2 – Figs. A1, A2 e A3).

Com base em Motosugi *et al.* (1995) e Grasmanis e Edwards (1974), e tendo também em consideração o trabalho de Regato *et al.* (1997) bem como dos diversos pareceres técnicos do Laboratório Químico Agrícola Rebelo da Silva (LQARS), foi delineado e realizado o plano de fertilização descrito nos pontos 6.2.1. a 6.2.4.

6.2.1. Fertilização durante o ciclo vegetativo de 2003

As fertilizações foram realizadas com uma periodicidade quinzenal, tendo-se iniciado em 30 de Abril de 2003 e terminado em 16 de Setembro, num total de onze fertilizações. Todos os vasos recebiam a mesma dose de fertilizante excepto no que respeita à dose de azoto.

Para a fertilização azotada utilizou-se uma solução de nitrato de amónio (NH_4NO_3), numa concentração 3,049 M, aplicando em cada vaso:

- sem qualquer aplicação de azoto na modalidade N0;
- 5 ml, na modalidade N1;
- 10 ml, na modalidade N2;
- 20 ml, na modalidade N3.

Os restantes nutrientes foram fornecidos através da aplicação de:

- 10 ml de solução de fosfato de potássio (KH_2PO_4) 1,146 M;
- 10 ml de solução de sulfato de magnésio heptahidratado ($\text{MgSO}_4(\text{H}_2\text{O})_7$) 1,59 M.

Para a fertilização em cálcio aplicaram-se 7,3 g de carbonato de cálcio, no envasamento da plantas, mais 20 ml vaso^{-1} de uma solução de sulfato de cálcio dihidratado ($\text{CaSO}_4(\text{H}_2\text{O})_2$) 1,503 M, em cinco aplicações (realizadas de 25 de Julho a 19 de Setembro 2003). Este nutriente é de difícil dissolução não constituindo uma solução mas uma mistura. Foi sempre aplicado isoladamente, ou seja, sem ser misturado com outra solução.

A fertilização de micronutrientes foi realizada com base em Motosugi *et al.* (1995), sendo aplicadas, em cada fertilização, 5 ml vaso^{-1} , de cada uma das seguintes soluções:

- sulfato de zinco heptahidratado ($\text{ZnSO}_4(\text{H}_2\text{O})_7$) 1,6 mM;
- borato de sódio decahidratado ($\text{NaB}_4\text{O}_7(\text{H}_2\text{O})_{10}$) 25 mM;
- sulfato de manganês monohidratado ($\text{MnSO}_4(\text{H}_2\text{O})$) 19 mM;
- sulfato de cobre pentahidratado ($\text{CuSO}_4(\text{H}_2\text{O})_5$) 0,671 mM;
- óxido de molibdénio (MoO_3) 0,222 mM;
- 3 ml vaso^{-1} de solução de EDTA ($\text{C}_{10}\text{H}_{12}\text{FeN}_2\text{NaO}_8$) 0,153 M.

As soluções referentes aos micronutrientes foram preparadas e conservadas individualmente, sendo aplicados conjuntamente em cada fertilização.

Cada fertilização esteve sempre associada a uma rega de 2 a 3 L de água por vaso, sendo as plantas regadas sempre que necessário. Durante o Verão as plantas foram regadas diariamente. A quantidade de água não foi contabilizada, procedendo-se apenas de modo a que não se constituísse como factor limitante ao desenvolvimento.

6.2.2. Fertilização durante o ciclo vegetativo de 2004

As fertilizações foram realizadas com uma periodicidade quinzenal, tendo-se iniciado em 19 de Fevereiro e terminado em 30 de Setembro de 2004, num total de 17 fertilizações. A análise foliar realizada em Julho permitiu verificar que todas as plantas do ensaio apresentavam teores de azoto inferiores a 1,68%, valor considerado insuficiente por Jones *et al.* (1991) e LQARS (2000). Este facto conduziu à alteração da fertilização preconizada no início do ciclo. Assim, até 8 de Julho inclusive, para a fertilização azotada aplicou-se uma solução de nitrato de amónio (NH_4NO_3), numa concentração 2,09 M, e, de 22 de Julho até ao final, utilizou-se a concentração de 11,007 M, aplicando-se em cada vaso:

- sem qualquer aplicação de azoto na modalidade N0;
- 5 ml, na modalidade N1;
- 10 ml, na modalidade N2;
- 20 ml, na modalidade N3.

Até 8 de Julho inclusive, aplicou-se uma solução de fosfato de potássio (KH_2PO_4) 1,146 M e, de 22 de Julho até ao final, utilizou-se a concentração de 1,47 M, aplicando 10 ml vaso⁻¹.

Os restantes nutrientes foram fornecidos através da aplicação em cada vaso de:

- 10 ml de solução de sulfato de magnésio heptahidratado ($\text{MgSO}_4(\text{H}_2\text{O})_7$) 1,125 M;
- 20 ml de uma solução de sulfato de cálcio dihidratado ($\text{CaSO}_4(\text{H}_2\text{O})_2$) 1,503 M, seguindo o mesmo procedimento descrito para o ciclo 2003.

A fertilização de micronutrientes foi realizada com base em Motosugi *et al.* (1995), sendo aplicados, em cada fertilização, 3 ml vaso⁻¹, de cada uma das seguintes soluções:

- sulfato de zinco heptahidratado ($\text{ZnSO}_4(\text{H}_2\text{O})_7$) 2,3 mM;
- borato de sódio decahidratado ($\text{NaB}_4\text{O}_7(\text{H}_2\text{O})_{10}$) 35 mM;
- sulfato de manganês monohidratado ($\text{MnSO}_4(\text{H}_2\text{O})$) 27 mM;
- sulfato de cobre pentahidratado ($\text{CuSO}_4(\text{H}_2\text{O})_5$) 0,9 mM;
- óxido de molibdénio (MoO_3) 0,314 mM;
- solução de EDTA ($\text{C}_{10}\text{H}_{12}\text{FeN}_2\text{NaO}_8$) 0,153 M.

As soluções referentes aos micronutrientes foram preparadas e conservadas individualmente, sendo aplicadas conjuntamente em cada fertilização.

De igual modo, cada fertilização esteve sempre associada a uma rega de 2 a 3 L de água por vaso, sendo as plantas regadas sempre que necessário. Durante o Verão as plantas

foram regadas diariamente. A quantidade de água não foi contabilizada procedendo-se apenas de modo a que não se constituísse como factor limitante ao desenvolvimento.

6.2.3. Fertilização durante o ciclo vegetativo de 2005

Em 2005, à semelhança dos anteriores, as fertilizações foram realizadas com uma periodicidade quinzenal, mas tiveram início a 11 de Março e terminaram a 23 de Setembro de 2005, num total de 15 fertilizações.

Para a fertilização azotada utilizou-se uma solução de nitrato de amónio (NH_4NO_3), numa concentração 2,384 M, aplicando em cada vaso:

- sem qualquer aplicação de azoto na modalidade N0;
- 5 ml, na modalidade N1;
- 10 ml, na modalidade N2;
- 20 ml, na modalidade N3.

Os macronutrientes foram fornecidos através da aplicação em cada vaso de:

- 10 ml de solução de fosfato de potássio (KH_2PO_4) 0,941 M;
- 10 ml de solução de sulfato de potássio (K_2SO_4) 0,239 M;
- 10 ml de solução de sulfato de magnésio heptahidratado ($\text{MgSO}_4(\text{H}_2\text{O})_7$) 1,274 M.

Em cada vaso foram aplicadas 14 g de carbonato de cálcio, no envasamento da plantas, mais 20 ml de uma solução de sulfato de cálcio dihidratado ($\text{CaSO}_4(\text{H}_2\text{O})_2$) 1,302 M, em 14 aplicações (realizadas de 24 de Março a 23 de Setembro de 2005).

A fertilização de micronutrientes foi realizada de modo semelhante aos ciclos anteriores, com base apenas em Motosugi *et al.* (1995), sendo aplicados, em cada fertilização, 2,5 ml vaso⁻¹, de cada uma das seguintes soluções:

- sulfato de zinco heptahidratado ($\text{ZnSO}_4(\text{H}_2\text{O})_7$) 2,6 mM;
- borato de sódio decahidratado ($\text{NaB}_4\text{O}_7(\text{H}_2\text{O})_{10}$) 40 mM;
- sulfato de manganês monohidratado ($\text{MnSO}_4(\text{H}_2\text{O})$) 31,1 mM;
- sulfato de cobre pentahidratado ($\text{CuSO}_4(\text{H}_2\text{O})_5$) 1,08 mM;
- óxido de molibdénio (MoO_3) 0,356 mM;
- EDTA ($\text{C}_{10}\text{H}_{12}\text{FeN}_2\text{NaO}_8$) 0,183 M.

As soluções referentes aos micronutrientes foram preparadas e conservadas individualmente, sendo aplicadas conjuntamente em cada fertilização.

Cada fertilização esteve sempre associada a uma rega de 2 a 3 L de água por vaso, sendo as plantas regadas sempre que necessário, e quase sempre depois do ocaso.

6.2.4. Fertilização durante o ciclo vegetativo de 2006

As fertilizações foram realizadas com uma periodicidade quinzenal de 11 de Março a 22 de Setembro de 2006, num total de 15 fertilizações, em que todos os vasos recebiam a mesma dose de fertilizante excepto no que respeita à dose de azoto como já foi referido.

Para a fertilização azotada utilizou-se uma solução de nitrato de amónio (NH_4NO_3), numa concentração 5,923 M, aplicando-se em cada vaso:

- 2,5 ml, na modalidade N0;
- 5 ml, na modalidade N1;
- 10 ml, na modalidade N2;
- 20 ml, na modalidade N3.

Os macronutrientes foram fornecidos através da aplicação de:

- 20 ml de uma solução de fosfato de potássio (KH_2PO_4) 0,588 M;
- 20 ml de uma solução de sulfato de potássio (K_2SO_4) 0,593 M;
- 10 ml de solução de sulfato de magnésio heptahidratado ($\text{MgSO}_4(\text{H}_2\text{O})_7$) 1,274 M;
- 20 ml de uma solução de sulfato de cálcio dihidratado ($\text{CaSO}_4(\text{H}_2\text{O})_2$) 1,663 M.

A fertilização em micronutrientes foi efectuada de um modo semelhante ao ciclo de 2005.

6.2.5. Inoculação com *Phomopsis amygdali*

No final de cada ciclo vegetativo, no primeiro decêndio de Novembro, as plantas foram inoculadas com o fungo *Phomopsis amygdali*, cultivado em *Potato Dextrose Agar* (PDA), em placas de Petri, com sete dias de idade.

Foram realizadas 16 inoculações por modalidade, sendo inoculadas 4 plantas de cada modalidade, com 4 inoculações por planta.

Para a inoculação das plantas procedeu-se do seguinte modo (Fig. 6.2):

- desinfeção do ramo a inocular, com álcool etílico 70%;
- realização de uma pequena ferida com auxílio de um bisturi;
- colocação de um pedaço da cultura, com aproximadamente 3 mm x 3 mm x 3 mm, na ferida;
- isolamento da inoculação com *parafilm*;
- identificação do cancro com auxílio de etiqueta.



Figura 6.2. Metodologia de inoculação.

Em cada ciclo vegetativo as inoculações foram realizadas, respectivamente, em 19 de Novembro de 2003, 22 de Novembro de 2004, 5 de Novembro de 2005 e 9 de Novembro de 2006.

O *parafilm* foi retirado duas semanas após a inoculação.

O inóculo inicial de *P. amygdali* foi cedido pela Direcção Geral de Protecção das Culturas, em Setembro de 2003.

O fungo foi mantido em cultura durante o período entre inoculações.

Com base nos cancro resultantes das inoculações realizadas no ciclo vegetativo de 2005 procedeu-se ao isolamento do fungo, ou seja, à sua revitalização. Após esse isolamento a cultura foi conservada em PDA por um período de aproximadamente seis meses, sendo esta cultura que, após repicagem, foi utilizada para as inoculações do ciclo de 2006.

6.2.6. Avaliação da susceptibilidade a *Phomopsis amygdali*

A avaliação da susceptibilidade a *P. amygdali* foi realizada através da avaliação de cada cancro, tendo sido medido:

- o diâmetro de cada ramo inoculado, utilizando uma craveira;
- a extensão máxima do cancro ao longo do ramo, com o auxílio de uma régua de 15 cm;
- proporção (em valor percentual) da secção transversal ocupada pela infecção (valor atribuído por observação visual).

Com base nesses dados calculou-se não só o comprimento do cancro como a área da elipse, que é a forma regular que mais se assemelha a cada área de cancro.

A dimensão de cada cancro foi medida em cada ciclo, em Janeiro, Fevereiro, e em finais de Março ou princípios de Abril.

A área de cada cancro foi posteriormente corrigida, em cada ciclo, através da divisão por um factor de correcção, calculado pela razão entre o diâmetro do ramo inoculado e a média do diâmetro de todos os ramos inoculados nesse ciclo. Este factor de correcção variou de 0,58 a 1,63.

Apesar da aplicação do factor de correcção no cálculo da área de cada cancro, o comprimento do cancro revelou-se o parâmetro mais indicado para a avaliação da susceptibilidade a *P. amygdali*.

6.2.7. Observação dos estados fenológicos

Em virtude do pequeno porte das plantas utilizadas na instalação dos ensaios, não se verifica a presença de gomos florais no primeiro ciclo de cada ensaio, ou seja, 2003 e 2005, pelo que, não há possibilidade de observação dos estados fenológicos nestes ciclos. Contudo, foi possível realizar essa observação não só no segundo ciclo de cada ensaio (2004 e 2006), como no início do terceiro ciclo do segundo ensaio (Fig. 6.3). Assim, procedeu-se à observação do estado de desenvolvimento dos gomos florais nos ciclos 2004, 2006 e 2007.

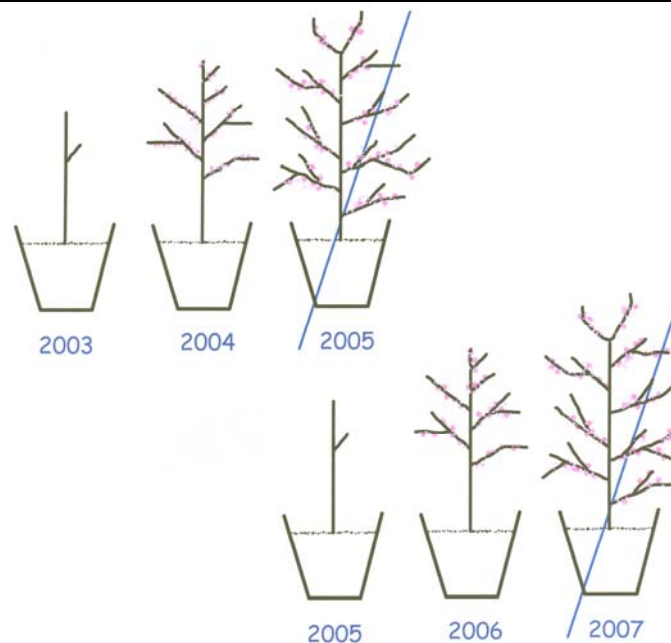


Figura 6.3. Esquema do ensaio em vasos assinalando os ciclos onde pode ser observada a floração.

Para a determinação dos estados fenológicos observaram-se 4 ramos por planta, registando-se o número de gomos em cada estado fenológico definido por Baggiolini (Gautier, 1988). As observações foram realizadas com uma periodicidade semanal.

6.2.8. Desenvolvimento vegetativo

Para avaliação do crescimento de cada planta, no final dos ciclos vegetativos de 2003, 2005 e 2006, após a queda da folha, procedeu-se à avaliação do comprimento de todos os lançamentos que se tinham desenvolvido durante o respectivo ciclo vegetativo. Nessa avaliação contabilizou-se o tipo de lançamento existente, segundo a seguinte classificação:

- ramo misto sem antecipadas⁴;
- ramo misto com antecipadas;
- antecipada.

6.2.9. Ângulo de inserção dos ramos

A observação das plantas da modalidade N3 sugeria, de um modo global, que estas apresentavam um porte mais prostrado. Para tentar quantificar esse aspecto, procedeu-se à medição do ângulo de inserção de cada lançamento com o eixo principal (Fig. 6.4). Este ângulo de inserção dos lançamentos foi registado apenas no final de 2003 e de 2005, uma vez que, no segundo ano de cada ensaio, os lançamentos do ano não se inserem no ramo principal.



Figura 6.4. Avaliação do ângulo de inserção dos ramos.

⁴ Antecipada é o ramo resultante do desenvolvimento de um gomo que se formou nesse mesmo ciclo, formando um ramo secundário.

6.2.10. Área foliar e enrolamento da folha

Para avaliação da área foliar média de cada folha, no período de Julho – Agosto, procedeu-se à colheita de dez folhas por planta, no terço médio do lançamento do ano. Seguidamente as folhas foram fotografadas sobre papel milimétrico e, posteriormente foi determinada a área foliar de cada folha, através da utilização do programa ASSESS (*Image Analysis Software for Plant Disease Quantification*), da American Phytopathology Society.

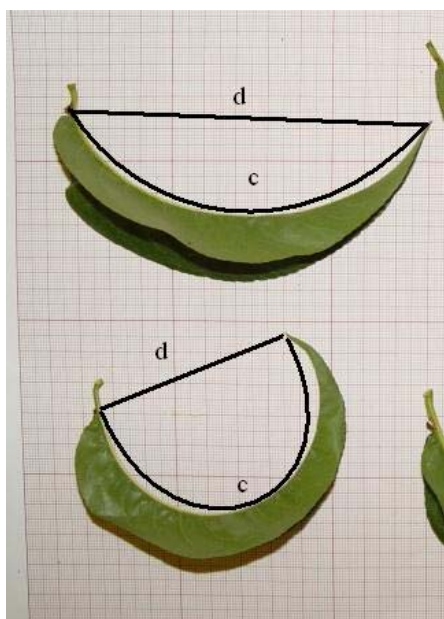


Figura 6.5. Enrolamento das folhas.

para avaliação da área foliar.

Em 2006 este aspecto não foi contabilizado pois nenhuma modalidade apresentava as folhas enroladas.

6.2.11. Estado de nutrição

Para avaliar o estado de nutrição das plantas, confirmando que a fertilização diferenciada resultaria em diferentes estados de nutrição das plantas, foram efectuadas colheitas de folhas, seguidas das respectivas análises foliares realizadas no LQARS, segundo a metodologia em uso nesse laboratório (Duarte *et al.*, 1998), ou no Laboratório de Solos e Fertilidade da ESACB, segundo metodologia semelhante. As análises realizadas na ESACB não contemplaram a determinação do enxofre e do boro.

Simultaneamente foi avaliado o enrolamento foliar, uma vez que se observavam diferenças notórias entre as modalidades, no enrolamento das folhas ao longo da nervura principal. O enrolamento das folhas foi determinado pela razão c/d (Fig. 6.5), com:

d = distância do início do limbo ao ápice;

c = comprimento da folha medida ao longo da nervura principal

A medição do comprimento das folhas, foi realizada utilizando como régua uma pequena tira recortada da imagem impressa e contendo apenas imagem do papel milimétrico.

O enrolamento das folhas foi determinado utilizando as dez folhas por planta fotografadas

Em 2003 a colheita de folhas teve lugar em Agosto, sendo realizada uma amostra por modalidade, com cinco folhas de cada planta, num total de 60 folhas por modalidade, cuja análise foi realizada no LQARS.

Em 2004 a colheita de folhas realizou-se em Junho, tendo sido colhidas 25 folhas por planta, sendo a análise realizada no Laboratório da ESACB. O resultado das análises efectuadas permitiu verificar que todas as modalidades experimentais apresentavam teores de azoto considerados insuficientes, permitindo a correcção da fertilização, tal como descrito no ponto 6.2.2.

Em 2005 e 2006 a colheita de folhas decorreu sempre no mês de Junho. As análises foliares foram realizadas por bloco, com base em amostras de 30 folhas, resultantes da colheita de 10 a 15 folhas por planta. As análises foram realizadas no LQARS.

6.2.12. Produção e qualidade dos frutos

No segundo ano de cada ensaio, ciclos de 2004 e de 2006, foi registada a produção, contabilizando o número de frutos e o peso total por planta.

No primeiro ano de cada ensaio não há produção uma vez que, sendo as plantas atarracadas a cerca de 60 cm, não se verifica a presença de gomos florais (Fig. 6.6).

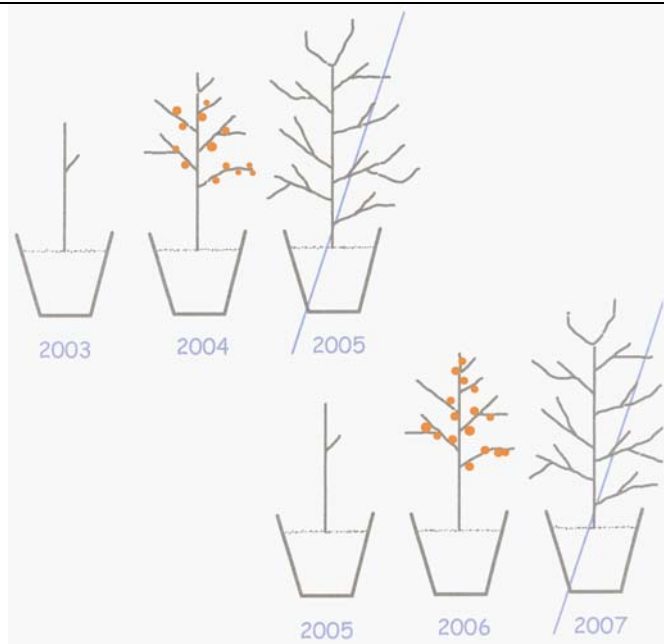


Figura 6.6. Esquema do ensaio em vasos assinalando os ciclos com produção de frutos (2004 e 2006).

Em cada colheita, cada fruto foi identificado com o número da planta e um número sequencial, de modo a evitar erros no laboratório onde se procedeu à avaliação dos parâmetros de qualidade.

Cada fruto foi pesado individualmente, registando-se a presença ou ausência de pragas, nomeadamente *Anarsia lineatella* Zeller (Lepidoptera: Gelechiidae).

Depois da pesagem, para cada fruto foi determinada:

- a coloração, através de colorímetro Minolta utilizando o sistema CIE L*a*b, realizando quatro leituras por fruto, na secção equatorial, seguindo a metodologia descrita por Melgarejo *et al.* (2001);
- a dureza, com o auxílio de um penetrómetro manual, no ciclo 2004, e com um penetrómetro de bancada Penefel no ciclo 2006;
- o índice refractométrico (IR), utilizando um refractómetro digital;
- a acidez, por titulação com NaOH, do sumo de uma amostra de frutos por cada modalidade e colheita, sempre que o número de frutos colhidos por modalidade o permitiu.

A colheita processou-se sempre de um modo escalonado, de acordo com o estado de maturação dos frutos.

6.2.13. Avaliação da susceptibilidade a *Anarsia lineatella*

A avaliação da susceptibilidade a *A. lineatella* realizou-se pela contagem de ramos onde se observou a presença da praga, procedendo-se ao corte do ápice do ramo atacado. Deste modo impedia-se que o mesmo ramo fosse contabilizado numa observação posterior e, simultaneamente, eliminava-se a larva causadora de estragos.

6.2.14. Avaliação da susceptibilidade a afídeos

A susceptibilidade de afídeos foi avaliada pela contagem de ramos onde se observou a presença da praga, procedendo-se à lavagem dos ramos quando a deformação era acentuada, continuando as plantas receptivas à ocupação de novos ramos. A lavagem foi suficiente para controlar a praga em 2004 e 2005, impedindo a deformação dos ramos a utilizar na avaliação da susceptibilidade ao cancro, tendo sido, no entanto, necessária a realização de um controlo químico, com imidaclopride, no ciclo de 2006.

6.2.15. Avaliação da susceptibilidade a escolitídeos

No final de Junho de 2006 as plantas apresentaram sintomas da presença de escolitídeos, pelo que se procedeu à avaliação da sua incidência através da contagem dos orifícios resultantes da saída dos adultos, nos 30 cm centrais do tronco de cada planta.

A contagem dos orifícios foi muito facilitada devido à presença de goma (Fig. 6.20).

6.2.16. Análise estatística

A Análise Discriminante *stepwise* com o método do Λ de Wilks, através do programa SPSS, foi utilizada para identificar qual ou quais as variáveis que caracterizam o estado de nutrição e que permitiriam discriminar significativamente as quatro modalidades de fertilização azotada (N0, N1, N2 e N3). Os pressupostos da normalidade e de homogeneidade das matrizes de variância-covariância de cada grupo foram testados, respectivamente, com o teste de Shapiro-Wilk (uma vez que a dimensão dos grupos era reduzida) e com o teste de M de Box. De acordo com o teste de Shapiro-Wilk, nem todas as variáveis apresentaram distribuição normal nas quatro modalidades. Embora não se verifique o princípio de homogeneidade segundo o teste M de Box ($M= 118,219$; $F_{(45, 5703,1)}=2,12$; $p=0,000$), porque a Análise Discriminante é robusta a violações da normalidade das variáveis (Maroco, 2007), e também à violação da homogeneidade das matrizes de variância-covariância, desde que o número de variáveis seja inferior ao número de casos dentro de cada grupo (Maroco, 2007), prosseguiu-se com esta análise.

A análise de variância foi realizada através do programa SPSS, ANOVA a um factor, utilizando o teste de Tukey sempre que se verificassem condições de homogeneidade de variâncias, e o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis quando não se verificasse homogeneidade de variâncias, considerando estatisticamente significativas as diferenças entre médias, cujo *p-value* do teste utilizado tenha sido inferior a 0,05.

Para resumir a informação referente ao estado de nutrição utilizou-se a Análise de Componentes Principais (ACP), através do programa R, *package* FactoMineR, retendo as primeiras quatro componentes principais que explicam 82,3% da variância. Posteriormente, as variáveis cancro, anársia, afídeos e escolitídeos foram introduzidas na ACP como variáveis suplementares. Na variável cancro foi utilizada a ACP realizada com base no estado de nutrição considerando todos os ciclos (2003 a 2006). Nas variáveis afídeos e anársia foi utilizada a ACP realizada com base no estado de nutrição considerando os ciclos

2004 a 2006, uma vez que apenas nestes ciclos se observou a ocorrência destas pragas. Na variável escolitídeos foi considerada a ACP realizada com base no estado de nutrição registado em 2006, pois que, apenas neste ciclo, se observou a presença de escolitídeos.

Uma vez que este estudo decorreu apenas durante quatro ciclos, para considerar a influência das condições climáticas na susceptibilidade ao cancro, foi utilizada a Análise de Correspondências Múltiplas (ACM) procedendo-se à transformação das variáveis quantitativas em variáveis qualitativas (factores) através da definição de níveis para cada variável.

Na definição dos limites de cada classe referente a cada variável, seguidamente designado por nível, foram considerados dois aspectos:

- a) a variabilidade de cada variável, ajustando o número de níveis à amplitude relativa de variação, tendo sempre em consideração o histograma de cada variável, de acordo com o recomendado por Lebart *et al.* (1997), *i.e.*, variáveis com maior amplitude de variação foram transformadas em quatro níveis (exemplos azoto e cancro), e variáveis com pequena amplitude de variação foram transformadas em três níveis;
- b) sempre que possível foram criados níveis coincidentes com intervalos de valores de referência disponíveis.

Numa primeira abordagem foram utilizadas todas as variáveis correspondentes ao estado de nutrição, sendo posteriormente retida apenas a variável azoto porque apresentou simultaneamente a maior variabilidade e o trajecto mais próximo da variável cancro.

Nas variáveis climáticas considerou-se a temperatura média e a precipitação total registadas no período desde a inoculação até à última avaliação dos cancros, que corresponde sensivelmente ao período de Novembro a Março (TNM e PNM). Embora inicialmente se tenha considerado também a temperatura média e a precipitação total ocorrida nos 30 dias após a inoculação (Tmes e Pmes), estas variáveis foram retiradas pois verificou-se um estreito paralelismo entre as variáveis TNM e Tmes e entre PNM e Pmes, nos dois períodos.

Os códigos e limites utilizados na transformação das variáveis são referidos no Quadro 6.1.

Na factorização da variável azoto, o nível N3 (2,0% a 3,5%) corresponde sensivelmente à reunião dos intervalos de valores considerados como suficientes por Jones *et al.* (1991) e LQARS (2006).

Quadro 6.1. Definição dos níveis de cada variável (factores), no ensaio Evasos.

Variável	Símbolo	Unidade	Amplitude de valores	Níveis da variável qualitativa (factor)	Definição dos limites de cada nível da variável qualitativa
Precipitação (Novembro-Março)	PNM	mm	Mín.-Méd.-Máx. 99 – – 567	PNM1 PNM2 PNM3	PNM1: PNM≤100 PNM2: 100<PNM<420 PNM3: 420≤PNM
Temperatura média (Novembro-Março)	TNM	°C	Mín.-Méd.-Máx. 7,5 – – 9,0	TNM1 TNM2 TNM3	TNM1: TNM≤8,0 TNM2: 8,1<TNM<9,0 TNM3: 9,0≤TNM
Teor foliar de azoto	N	%	Mín.-Méd.-Máx. 0,8 – 2,62 – 4,8	N1 N2 N3 N4	N1: 0,80<N≤1,20 N2: 1,20<N<2,00 N3: 2,00≤N≤3,50 N4: 3,50<N<5,00
Susceptibilidade a <i>Phomopsis amygdali</i>	Canc	mm	Mín.-Méd.-Máx. 3,0 – 26,9 – 70,8	Canc1 Canc2 Canc3 Canc4	Canc1: 3<Canc<10 Canc2: 10≤Canc<25 Canc3: 25≤Canc<50 Canc4: 50≤Canc<75

Nota: O período considerado (Nov-Mar) refere-se ao período desde a inoculação ao final da avaliação dos cancros.

6.3. Resultados e discussão

6.3.1. Estado de nutrição das plantas no ensaio em vasos

A fertilização diferencial em azoto, no Evasos, em 2003, originou distintos estados de nutrição nas plantas das modalidades N0, N1, N2 e N3, como podemos observar nos Quadros 6.2 e 6.3.

Quadro 6.2. Estado de nutrição em macronutrientes (%), em 10 de Agosto de 2003.

Modalidade	N	P	K	Ca	Mg	S
N0	1,92	0,45	2,88	1,11	0,40	0,19
N1	2,43	0,22	3,12	1,22	0,37	0,37
N2	3,04	0,22	2,69	1,12	0,34	0,32
N3	3,67	0,27	2,47	1,57	0,40	0,34

Apesar de não ser possível a realização de análise de variância, pois apenas foi realizada uma amostra por modalidade, observa-se que a fertilização diferencial em azoto provocou desequilíbrios em diversos nutrientes, com destaque para o azoto, o fósforo, o enxofre, o zinco, o manganês e o boro.

Quadro 6.3. Estado de nutrição em micronutrientes ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$), em 10 de Agosto de 2003.

Modalidade	Fe	Cu	Zn	Mn	B
N0	102	4	28	76	144
N1	121	2	42	89	97
N2	104	3	50	207	77
N3	98	2	57	766	63

O teor de azoto é crescente das plantas N0 para as plantas N3, estando, na modalidade N0, abaixo do intervalo considerado como adequado (2,10%–3,00%) por LQARS (2006), para folhas colhidas de Julho a Agosto. A modalidade N3 apresenta valores claramente acima do intervalo referido.

A modalidade N0 apresenta um teor mais baixo em enxofre do que as restantes modalidades, mas ainda dentro do intervalo considerado como adequado (0,13%–0,40%) por LQARS (2006).

O teor foliar de boro foi decrescente de N0 para N3, apresentando as plantas N0 um teor de boro bastante elevado, bastante superior ao limite superior do intervalo de valores (20–60 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$), considerado como suficiente por Jones *et al.* (1991).

No que respeita ao manganês observa-se uma variação crescente deste nutriente da modalidade N0 para a modalidade N3, apresentando as plantas N3 um teor de manganês muito elevado, quando comparado com o intervalo de valores considerado como suficiente (40–160 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) por Jones *et al.* (1991), sendo mesmo superior ao valor referido como excessivo.

O zinco apresenta um comportamento semelhante ao manganês, ou seja, uma variação no mesmo sentido das modalidades de fertilização azotada, apresentando a modalidade N0 valores próximos do limite inferior do intervalo considerado como suficiente (20–50 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) por Jones *et al.* (1991).

A modalidade N0 apresenta o teor mais elevado de fósforo, sensivelmente o dobro do teor observado nas restantes modalidades, considerado por Jones *et al.* (1991) como um valor elevado.

Em 2004 as amostras de folhas para avaliação do estado de nutrição foram colhidas em meados de Junho (Quadros 6.4 e 6.5), para permitir a realização de correcções ao nível da fertilização caso fosse necessário, o que efectivamente aconteceu (ponto 6.2.2).

Quadro 6.4. Estado de nutrição em macronutrientes (%), em 12 de Junho de 2004.

Modalidades	N	P	K	Ca	Mg
N0	1,00 c	0,38 a	2,71 a	0,73 bc	0,31 ab
N1	1,16 bc	0,29 bc	2,66 a	1,01 ab	0,35 ab
N2	1,31 b	0,29 b	2,06 b	1,06 a	0,37 a
N3	1,68 a	0,26 c	1,53 c	0,68 c	0,29 b
Média	1,35	0,29	2,13	0,89	0,33
F_[3,34]	39,13	$\chi^2=12,00$	58,29	7,85	5,27
p	0,000	0,007	0,000	0,000	0,004
Sig.	***	**	***	***	**

Nota: letras diferentes, em cada coluna, indicam diferenças significativas, segundo teste de Tukey, para $p<0,05$ (*), $p<0,01$ (**) e $p<0,001$ (***).

Quadro 6.5. Estado de nutrição em micronutrientes (mg·kg⁻¹), em 12 de Junho de 2004.

Modalidades	Fe	Cu	Zn	Mn
N0	75 a	4,0 a	25 c	68 b
N1	60 b	3,3 ab	42 b	111 a
N2	62 b	3,8 ab	57 a	136 a
N3	58 b	2,9 b	52 a	134 a
Média	62	3,4	48	121
F_[3,34]	5,12	4,44	28,01	$\chi^2=10,88$
p	0,005	0,010	0,000	0,012
Sig.	**	*	***	*

Nota: letras diferentes, em cada coluna, indicam diferenças significativas, segundo teste de Tuckey, para $p<0,05$ (*), $p<0,01$ (**) e $p<0,001$ (***).

Em Junho de 2004, todas as modalidades apresentaram um teor de azoto baixo, considerando o intervalo de 3,3%–4,8% referido por Jordão *et al.* (2008) para a mesma época de amostragem, não tendo sido obtidas plantas que apresentassem excesso de azoto. Apesar desse facto, houve diferenças significativas do estado de nutrição em azoto, entre as plantas das diferentes modalidades. As plantas N3 apresentaram o teor mais elevado, diferindo significativamente das restantes modalidades. Os teores de azoto das plantas N1 e N2 não diferem entre si, assim como as plantas N0 não diferem de N1, observando-se diferenças significativas entre as plantas N0 e N2.

Para além do azoto observaram-se diferenças significativas ao nível de todos os nutrientes analisados.

O teor de fósforo é decrescente de N0 para N3, observando-se um teor muito elevado nas plantas N0, quando consideramos o intervalo de valores referido como suficiente (0,21%–0,26%) por Jordão *et al.* (2008).

O comportamento do potássio é semelhante ao do fósforo, ou seja, é decrescente de N0 para N3. As plantas N2 e N3 apresentaram um teor abaixo do limite inferior do intervalo 2,4%–3,0%, considerado como suficiente por Jordão *et al.* (2008), para a mesma época de amostragem.

O teor de zinco das diferentes modalidades é semelhante ao observado em 2003, com as plantas N2 e N3 a apresentarem os teores mais elevados. As plantas N0 apresentaram o teor de zinco mais baixo, no conjunto das modalidades, mas ainda dentro de valores considerados suficientes, quer por Jordão *et al.* (2008), para a mesma época (18–27 mgkg⁻¹) ou por Jones *et al.* (1991), para a amostras colhidas em Julho (20–50 mgkg⁻¹).

O manganês apresenta também um comportamento semelhante ao observado em 2003, com um teor crescente de N0 para N3, observando-se apenas diferenças significativas entre o teor de manganês das plantas N0 e o das restantes, sem as plantas N3 apresentarem valores tão elevados como em 2003.

As plantas N3 apresentam, relativamente às restantes modalidades, teores de cálcio e magnésio mais baixos. As plantas N1 e N2 apresentaram um teor de magnésio dentro do intervalo 0,37%–0,55%, considerado como suficiente por Jordão *et al.* (2008), mas abaixo desse intervalo quer nas plantas N0, quer nas plantas N3. O cálcio apresentou sempre valores baixos em todas as modalidades, quer considerando o intervalo de 1,5%–1,9%, referido por Jordão *et al.* (2008) para a mesma época de amostragem, quer considerando o intervalo de 1,5%–2,7%, referido por Jones *et al.* (1991), para a época de amostragem de Julho.

Em 2005, a fertilização diferencial em azoto deu origem a diferenças significativas entre as modalidades no que respeita aos teores de azoto, potássio, cálcio, enxofre, ferro, zinco, manganês e boro (Quadros 6.6 e 6.7).

No ciclo 2005, que corresponde ao primeiro ciclo vegetativo do ensaio localizado na Quinta Nova (2ª repetição), observaram-se diferenças significativas no teor de azoto, entre todas as modalidades. Considerando o intervalo de 3,3%–4,6%, referido como suficiente para a mesma época de amostragem por Jordão *et al.* (2008), verifica-se que as

plantas N0 e N1 apresentaram um teor médio baixo e as plantas N2 e N3 um teor médio adequado, não tendo sido atingidos teores elevados em nenhuma das modalidades.

Quadro 6.6. Estado de nutrição em macronutrientes (%), em 15 de Junho de 2005.

Modalidade	N	P	K	Ca	Mg	S
N0	1,92 d	0,24	2,39 a	0,83 b	0,41	0,17 b
N1	2,63 c	0,26	2,51 a	0,76 b	0,37	0,19 ab
N2	3,32 b	0,24	2,33 a	0,78 b	0,36	0,24 a
N3	3,68 a	0,25	2,01 b	1,04 a	0,42	0,24 a
Média	2,89	0,24	2,32	0,86	0,39	0,21
F_[3,15]	129,6	$\chi^2=2,45$	16,5	4,87	2,24	8,20
p	0,000	0,485	0,000	0,019	0,137	0,003
Sig.	***	ns	***	*	ns	**

Nota: letras diferentes, em cada coluna, indicam diferenças significativas, segundo teste de Tukey, para $p<0,05$ (*), $p<0,01$ (**) e $p<0,001$ (***).

Quadro 6.7. Estado de nutrição em micronutrientes (mg·kg⁻¹), em 15 de Junho de 2005.

Modalidade	Fe	Cu	Zn	Mn	B
N0	83 a	6	19 b	44 b	75 a
N1	66 b	5	22 b	43 b	71 a
N2	70 ab	8	29 a	57 b	52 b
N3	75 ab	6	34 a	150 a	43 c
Média	73	6	26	73	60
F_[3,15]	4,22	$\chi^2=1,74$	28,24	41,85	$\chi^2=12,81$
p	0,03	0,629	0,000	0,000	0,005
Sig.	*	ns	***	***	**

Nota: letras diferentes, em cada coluna, indicam diferenças significativas, segundo teste de Tukey, para $p<0,05$ (*), $p<0,01$ (**) e $p<0,001$ (***).

O enxofre e o zinco apresentaram um comportamento semelhante ao observado nos ciclos anteriores, variando no mesmo sentido do azoto. As plantas N2 e N3 apresentaram teores elevados de zinco (Jordão *et al.*, 2008).

O teor de manganês foi significativamente mais elevado nas plantas N3, sendo superior ao intervalo 83–110 mg·kg⁻¹ referido por Jordão *et al.* (2008), para a cv. Rich Lady,

na mesma época de amostragem. Neste ciclo, o teor de manganês das plantas da modalidade N3, apesar de elevado, foi consideravelmente inferior ao observado em 2003.

O boro apresentou uma variação no sentido inverso da fertilização azotada, apresentando as modalidades N0 e N1 os teores de boro mais elevados, embora todos os valores possam ser considerados elevados de acordo com o intervalo 32–38 mg·kg⁻¹, referido por Jordão *et al.* (2008), para a cv. Rich Lady, na mesma época de amostragem.

O potássio apresentou o teor mais baixo na modalidade N3, sendo mais baixo que o limite inferior do intervalo referido por Jordão *et al.* (2008).

Em 2006, no que respeita ao estado de nutrição, observaram-se diferenças significativas entre as modalidades, em todos os nutrientes analisados, com exceção do cobre e do ferro (Quadros 6.8 e 6.9). Apesar de se tratar do segundo ano de fertilização azotada diferencial em plantas envasadas, as plantas N0 apresentaram um teor de azoto foliar de 2,79%, valor que se encontra no intervalo de valores considerado suficiente por LQARS (2006). Este resultado indica que a planta foi capaz de armazenar azoto suficiente para assegurar o abrolhamento e início de crescimento, com base na remobilização do azoto de reserva (Millard, 1993; Jordan *et al.*, 2001).

Paralelamente, as N3 apresentaram pela primeira vez um teor de azoto considerado excessivo.

Quadro 6.8. Estado de nutrição em macronutrientes (%), em 11 de Junho de 2006.

Modalidade	N	P	K	Ca	Mg	S
N0	2,79 c	0,40 a	3,18 a	1,09 a	0,39 ab	0,27 b
N1	3,23 bc	0,27 b	2,87 ab	0,85 b	0,33 b	0,31 ab
N2	3,96 ab	0,27 b	2,57 b	0,78 b	0,36 ab	0,34 ab
N3	4,65 a	0,27 b	2,13 c	0,85 b	0,44 a	0,39 a
Média	3,66	0,30	2,69	0,89	0,38	0,33
F_[3,12]	8,3	5,44	21,08	6,49	3,87	4,44
p	0,003	0,014	0,000	0,007	0,038	0,026
Sig.	**	*	***	**	*	*

Nota: letras diferentes, em cada coluna, indicam diferenças significativas, segundo teste de Tukey, para p<0,05(*), p<0,01(**) e p<0,001(***)

À semelhança dos ciclos anteriores, o enxofre, o zinco e o manganês variaram no mesmo sentido da fertilização azotada. Resultados semelhantes foram obtidos por Ben-Yephet *et al.* (2006), trabalhando com *Gypsophila paniculata* sp.

Quadro 6.9. Estado de nutrição em micronutrientes (mg·kg⁻¹), em 11 de Junho de 2006.

Modalidade	Fe	Cu	Zn	Mn	B
N0	99	9,5	29 b	95 b	82 a
N1	85	8,0	42 ab	150 b	63 ab
N2	93	8,0	52 a	227 ab	52 b
N3	101	7,8	59 a	345 a	37 b
Média	94	8,3	45	205	59
F _[3,12]	2,76	1,194	6,12	8,06	9,05
p	0,088	0,353	0,009	0,003	0,002
Sig.	ns	ns	**	**	**

Nota: letras diferentes, em cada coluna, indicam diferenças significativas, para $\alpha < 0,05$, segundo teste de Tukey, com $p < 0,05$ (*), $p < 0,01$ (**) e $p < 0,001$ (***).

As plantas N2 e N3 apresentaram teores de manganês muito elevados, semelhante ao observado em 2003, para as plantas N2, mas inferior ao observado em 2003, no caso das plantas N3, ciclo no qual o teor de manganês atingiu 766 mg·kg⁻¹. Amalotis *et al.* (1997), num ensaio semelhante, obtiveram resultados opostos no que respeita ao teor de manganês, uma vez que foi a modalidade de fertilização azotada mais baixa que apresentou o teor de manganês mais elevado.

O boro e o potássio variaram no sentido inverso às modalidades de fertilização azotada. As plantas N0 apresentaram teores de boro e potássio elevados, apresentando diferenças significativas relativamente a N2 e N3, mas não diferindo de N1.

No que respeita ao teor de magnésio, as plantas N1 apresentam o teor mais baixo, apenas diferindo significativamente das plantas N3 que apresentam o teor mais elevado.

À semelhança do observado nos ciclos anteriores, o teor de cálcio foi sempre baixo em todas as modalidades, apresentando-se ligeiramente mais elevado nas plantas N0.

A Figura 6.7 permite verificar a correspondência entre as modalidades de fertilização azotada e o teor de azoto foliar. Comparando os resultados alcançados em cada ciclo, observa-se uma relação, entre o teor de azoto aplicado e o teor de azoto foliar, muito semelhante entre os ciclos 2003 e 2005, ou seja, os dois ciclos correspondentes às plantas com um ano de idade. A baixa relação obtida no ciclo 2004, entre azoto aplicado e azoto assimilado pela planta, levou à correcção da fertilização nesse ciclo. No ciclo 2006 as plantas apresentaram um teor de azoto foliar superior ao dos restantes ciclos, qualquer que fosse a modalidade considerada.

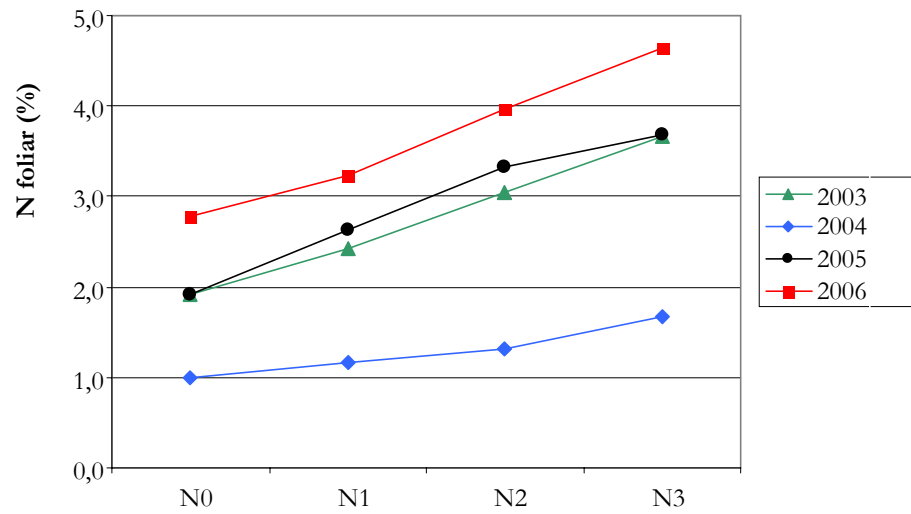


Figura 6.7. Teor de azoto foliar em resposta da fertilização diferencial em azoto, nos ciclos vegetativos 2003 a 2006, no Evasos.

A relação obtida entre o teor de azoto foliar e as modalidades de fertilização azotada, considerando os ciclos 2003, 2005 e 2006, foi do tipo quadrático, com um coeficiente de determinação de 94% e altamente significativa (Fig. 6.8).

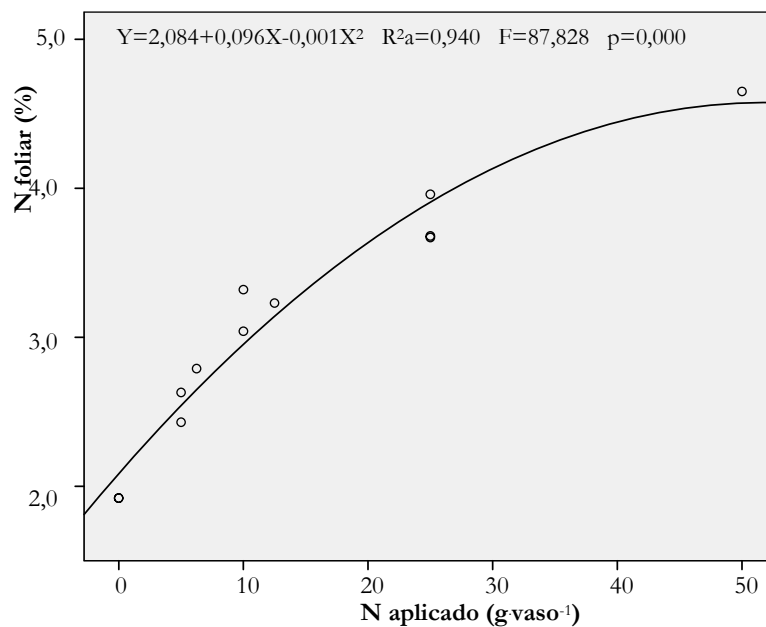


Figura 6.8. Relação entre azoto foliar e azoto aplicado (considerando apenas os ciclos 2003, 2005 e 2006).

A equação obtida mostra uma ordenada na origem na ordem dos 2% o que traduz o teor de azoto foliar referente às plantas de aplicação zero, evidenciando a capacidade das plantas de utilizarem outras fontes de azoto, que, no caso das plantas em vasos, se deverá cingir à remobilização de azoto no seio da própria planta, sendo a quantidade de azoto disponibilizado pela terra negligenciável e tendo a água de rega teores de azoto muito baixos (inferiores a 2 mg l^{-1}). Resultados semelhantes foram obtidos por Neto *et al.* (2006), trabalhando com pereira nos três primeiros anos de instalação, tendo o teor foliar de azoto oscilado entre 1,7% e 2% na modalidade N0.

No ensaio de campo (ponto 7.3.1), a relação entre o azoto aplicado e o teor de azoto foliar (Fig. 7.9) apresentou uma ordenada na origem de 3,2% o que evidencia a maior capacidade do solo na disponibilização de azoto. Por outro lado, a comparação entre as equações de resposta entre o azoto aplicado na fertilização e o teor de azoto foliar, no ensaio em vasos e no ensaio de campo, indica uma maior capacidade de utilização do azoto aplicado no ensaio em vasos, resultado já esperado uma vez que as condições são mais controladas.

Uma característica comum a todos os ciclos vegetativos foi o aparecimento de sintomas de carência de azoto nas plantas da modalidade N0 (Fig. 6.9).



Figura 6.9. Sintomatologia de carência de azoto em plantas N0.

As folhas com sintomas de carência de azoto apresentam manchas circulares de um vermelho intenso, que se destacam deixando as folhas perfuradas. A sintomatologia é mais severa nas folhas da base do lançamento, que caem prematuramente, ficando o ramo desguarnecido de folhas na sua base.

Os sintomas de manchas circulares avermelhadas, que se destacam deixando a folha perfurada, são semelhantes aos da doença provocada por *Wilsonomyces carpophilus* (Lév.) Adakaveg, Ogawa e Butler⁵, vulgarmente designada por crivado, e que difere da carência de azoto pelo aparecimento de uma massa enfebrada esbranquiçada, sendo frequentemente as folhas mais jovens as que apresentam maior severidade de sintomatologia (Ogawa e English, 1995).

Considerando os dados de todos os ciclos procurou-se, através da análise discriminante, verificar se a fertilização diferencial em azoto tinha produzido grupos distintos de plantas. Da análise discriminante *stepwise* extraíram-se três funções discriminantes, retendo como estatisticamente significativos os nutrientes azoto, fósforo, potássio, ferro e zinco. O Quadro 6.10 apresenta os coeficientes estandardizados das funções discriminantes, a significância de cada uma das funções e a percentagem de variância entre os grupos, explicada pelas funções discriminantes. O Quadro 6.11 apresenta os resultados de classificação com as respectivas funções de classificação.

Quadro 6.10. Valor próprio, percentagem de variância e coeficientes das funções discriminantes obtidas pela análise discriminante.

Função	Valor próprio	Percentagem da variância		Coeficientes estandardizados das funções discriminantes				
				Variáveis				
		%	% Acum	N	P	K	Fe	Zn
1	4,419 ***	77,0	77,0	1,011 *	0,184	-1,050*	-0,225	0,521
2	1,310 ***	22,8	99,8	-0,300	0,791	-1,099	1,311	-0,678
3	0,012 (ns)	0,2	100	-0,344	0,319*	0,203	0,238*	0,722*

Quadro 6.11. Resultados da classificação obtida pelas funções classificatórias utilizadas, no Evasos.

Modalidade	Grupo predicto [n (%)]				Total
	N0	N1	N2	N3	
N0	12 (92,3)	1 (7,7)	0 (0)	0 (0)	13 (100)
N1	2 (15,4)	10 (76,9)	1 (7,7)	0 (0)	13 (100)
N2	0 (0)	2 (15,4)	10 (76,9)	1 (7,7)	13 (100)
N3	0 (0)	0 (0)	2 (15,4)	11 (84,6)	13 (100)

⁵ Sinonímia: *Stigmia carpophila* (Lév.) M.B.Ellis; *Coryneum beijerinckii* Oud.

O resultado alcançado pela utilização da análise discriminante permite verificar que o objectivo da fertilização diferencial foi atingido, uma vez que se obtiveram grupos de elementos distintos através de duas funções altamente significativas.

A função 1 é essencialmente definida pelo azoto e pelo potássio, explicando 77% da variabilidade entre os grupos. Esta função discrimina significativamente as quatro modalidades ($\Lambda=0,079$; $\chi^2_{[15]}=118,053$; $p<0,000$).

A segunda função discriminante explica 22,8% da variabilidade entre as modalidades. Esta segunda função discrimina significativamente as modalidades N1 de N2 e N3 ($\Lambda=0,428$; $\chi^2_{[8]}=39,476$; $p<0,000$).

Uma terceira função discriminante retida é definida pelo teor de fósforo, ferro e zinco, mas não discrimina significativamente as modalidades ($\Lambda=0,988$; $\chi^2_{[3]}=0,543$; $p=0,909$).

A Figura 6.10 apresenta o mapa territorial, com a representação gráfica dos elementos de cada modalidade e respectivos centróides dados pelas funções obtidas pela análise discriminante.

O mapa territorial (Fig. 6.10) permite visualizar o poder discriminante da função 1 e da função 2, verificando-se uma marcada diferenciação entre as plantas das diferentes modalidades.

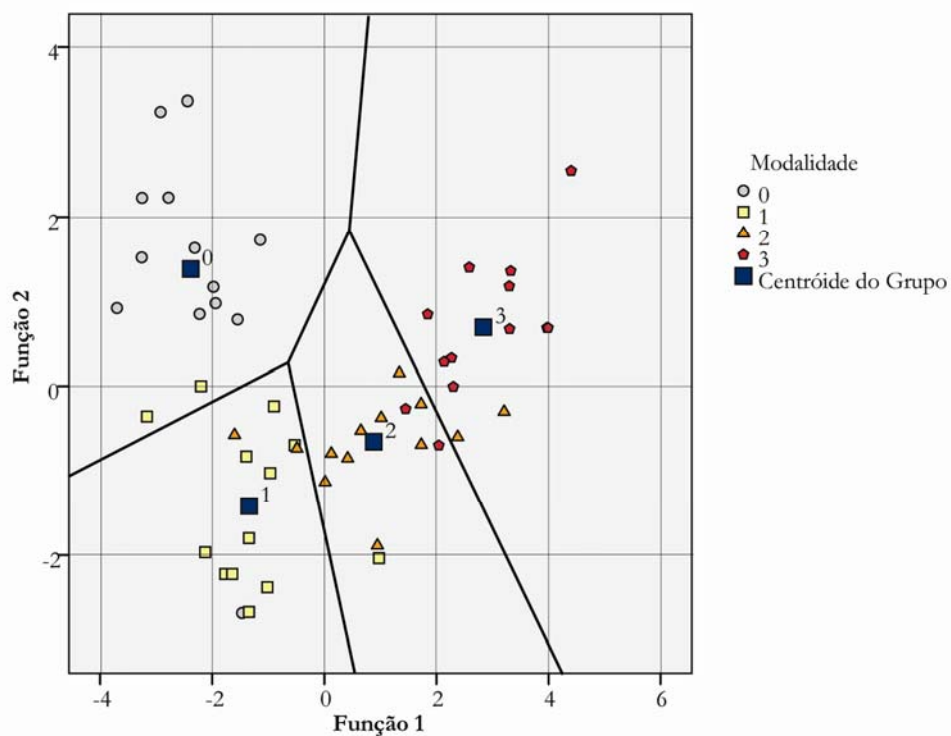


Figura 6.10. Mapa territorial e representação gráfica dos centróides de cada modalidade segundo as funções discriminantes relativas ao estado de nutrição no ensaio em vasos (Análise Discriminante *stepwise*).

Existe um caso correspondente a N0 que se comporta como N1, dois casos N1 que se comportam como N0 e dois casos da modalidade N3 que se localizam na área territorial de N2. As modalidades intermédias N1 e N2 apresentam três casos na área territorial das duas modalidades contíguas.

A fertilização diferencial em azoto induziu a desequilíbrios no teor de fósforo, de potássio, de zinco e de ferro, que contribuíram de um modo significativo para a discriminação entre as modalidades.

Dado o elevado número de nutrientes que caracterizam o estado de nutrição das plantas, foi utilizada a Análise de Componentes Principais (ACP) para permitir resumir o número de variáveis envolvidas, transformando as variáveis originais em uma ou mais combinações lineares independentes que representam a maior parte da informação presente nas variáveis originais (Maroco, 2007).

A ACP permitiu estabelecer a matriz de correlações entre nutrientes (Quadro 6.12), que nos indica a rede de inter-relações existente entre as variáveis (Lebart *et al.*, 1997) e identificar quatro funções que, conjuntamente, explicam 82,3% da variância no estado de nutrição (Fig. 6.11 e Quadro 6.13).

A primeira componente, que apresenta um valor próprio de 3,768 explica 34,26% da variância. A segunda componente, com um valor próprio de 2,695, explica 24,50% da variância. A terceira componente, com um valor próprio de 1,495, explica 13,59% da variância e a quarta componente com um valor próprio de 1,096, explica 9,96% da variância (Fig. 6.11).

Quadro 6.12. Correlações entre nutrientes, extraídas da Análise de Componentes Principais.

	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Mn	Zn	Cu	B
N	1,00	-0,30	-0,04	0,00	0,46	0,50	0,55	0,55	0,30	0,52	-0,51
P		1,00	0,47	0,21	0,11	-0,21	0,21	-0,13	0,25	0,10	0,59
K			1,00	0,25	0,02	-0,21	0,45	-0,20	-0,41	0,25	0,67
Ca				1,00	0,46	0,06	0,33	0,34	0,10	-0,06	0,22
Mg					1,00	0,04	0,46	0,30	-0,05	0,20	-0,07
S						1,00	0,34	0,69	0,88	0,08	-0,51
Fe							1,00	0,39	0,10	0,35	0,18
Mn								1,00	0,67	0,02	-0,41
Zn									1,00	-0,10	-0,56
Cu										1,00	0,17

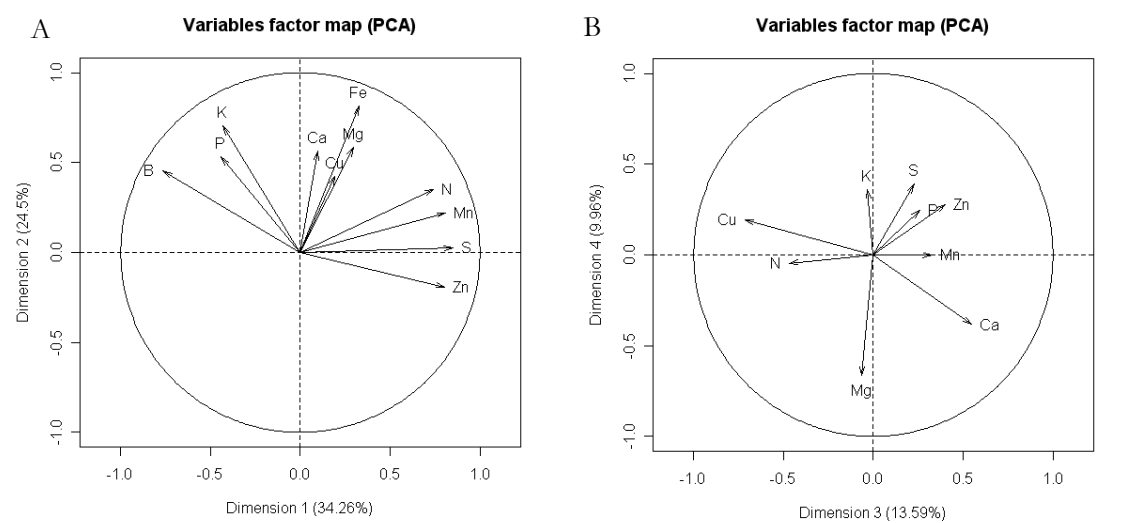


Figura 6.11. Círculo de correlações da Análise de Componentes Principais, relativo ao estado de nutrição no ensaio em vasos. A – plano relativo às 1.^a e 2.^a componentes; B – plano relativo às 3.^a e 4.^a componentes.

Quadro 6.13. Coordenadas e \cos^2 dos nutrientes nas quatro componentes principais extraídas da Análise de Componentes Principais.

	1. ^a comp.		2. ^a comp.		3. ^a comp.		4. ^a comp.	
	Coord.	Cos ²	Coord.	Cos ²	Coord.	Cos ²	Coord.	Cos ²
N	0,74	0,55	0,35	0,12	-0,47	0,22	-0,05	0,00
P	-0,44	0,19	0,53	0,28	0,26	0,07	0,25	0,06
K	-0,43	0,18	0,70	0,50	-0,03	0,00	0,36	0,13
Ca	0,10	0,01	0,56	0,32	0,55	0,30	-0,38	0,15
Mg	0,29	0,09	0,58	0,34	-0,07	0,00	-0,66	0,44
S	0,85	0,72	0,03	0,00	0,23	0,05	0,39	0,15
Fe	0,33	0,11	0,81	0,66	-0,05	0,00	0,16	0,03
Mn	0,81	0,65	0,22	0,05	0,33	0,11	-0,00	0,00
Zn	0,80	0,65	-0,19	0,04	0,40	0,16	0,28	0,08
Cu	0,19	0,04	0,43	0,18	-0,71	0,51	0,19	0,04
B	-0,76	0,58	0,45	0,21	0,28	0,08	0,15	0,02

O azoto apresentou uma correlação positiva elevada com o magnésio, enxofre, ferro e manganês e uma correlação negativa com o boro. É de assinalar que o zinco apresenta uma correlação baixa com o azoto mas elevada com o enxofre e manganês.

O fósforo, potássio e boro apresentaram entre si uma correlação elevada.

O magnésio apresenta uma correlação elevada com o azoto, cálcio e ferro. A correlação elevada com o azoto poderá estar associada à clorofila uma vez que ambos os nutrientes integram a sua constituição.

O cobre apresenta também uma correlação positiva com o azoto.

O boro apresenta uma correlação negativa com o azoto, enxofre e zinco.

Com base no valor das coordenadas de cada nutriente, em cada componente, bem como no valor de \cos^2 , que traduz a qualidade de representação na projecção (Lebart *et al.*, 1997) (Quadro 6.13), verificamos que a 1.^a componente é definida pelo azoto, enxofre, manganês e zinco, que apresentam coeficientes positivos, e pelo boro que apresenta coeficiente negativo, estando o conjunto destes elementos muito próximo do círculo de correlações.

A 2.^a componente é definida pelo potássio e pelo ferro que apresentam coordenadas positivas e simultaneamente um \cos^2 elevado.

A 3.^a componente é definida essencialmente pelo cobre e pelo cálcio que apresentam as coordenadas e \cos^2 mais elevados, o cálcio com coordenada positiva e cobre com coordenada negativa.

A 4.^a componente é definida essencialmente pelo magnésio que apresenta a coordenada mais elevada, no conjunto dos elementos que a definem, e simultaneamente o \cos^2 mais elevado.

A ACP permitiu ainda evidenciar as correlações entre nutrientes (Quadro 6.12). A utilização desta análise de componentes principais permite concluir que a fertilização diferencial em azoto provocou alterações ao nível dos restantes nutrientes, sendo de destacar uma correlação positiva com o magnésio, o enxofre, o ferro, o manganês e o cobre e uma correlação negativa com o fósforo e boro, sendo nula a correlação com o cálcio.

6.3.2. Susceptibilidade a *Phomopsis amygdali*

Como resultado da inoculação das plantas com o fungo *P. amygdali* verificou-se o desenvolvimento de cancrios, observando-se diferenças significativas entre os cancrios das diferentes modalidades, nos ciclos 2003 e 2006 (Quadro 6.14).

Os resultados alcançados permitem verificar que há uma grande variação da dimensão dos cancos entre os ciclos. Os cancos de menores dimensões observaram-se no ciclo 2005, com um comprimento médio de 10 mm por cancro, e os cancos de maiores dimensões ocorreram em 2006, com um comprimento médio de 56 mm, cerca de cinco vezes superior ao observado em 2005.

Quadro 6.14. Comprimento médio do cancro (mm) nos ciclos 2003 a 2006, no ensaio em vasos.

	2003	2004	2005	2006
N0	48,9 a	19,8	7,1	44,3 b
N1	12,7 c	10,5	8,0	63,8 a
N2	17,3 bc	21,4	9,2	58,3 ab
N3	31,3 b	26,6	14,6	+
Média	27,6	20,8	9,7	55,5
F _[3,12]	19,644	1,442	1,610	4,152
p	0,000	0,294	0,239	0,050
Sig.	***	ns	ns	*

Nota: letras diferentes, em cada coluna, indicam diferenças significativas, para $\alpha < 0,05$, segundo teste de Tukey, com $p < 0,05$ (*), $p < 0,01$ (**) e $p < 0,001$ (***)

+ plantas mortas por forte ataque de escolitídeos.

No ciclo de 2006 observaram-se cancos com 120 mm de comprimento (Fig. 6.12), que para a região são considerados cancos de grandes dimensões, mas ainda assim consideravelmente inferiores aos observados em amendoeira na região do Algarve por Cabrita *et al.* (2004), que refere cancos com 582 mm, para a cv. Ferragnès.

Considerando as dimensões dos cancos por modalidade de fertilização azotada verificamos que apenas nos ciclos 2003 e 2006 se observaram diferenças significativas entre as modalidades.



Figura 6.12. Cancro resultante da inoculação com *Phomopsis amygdali*.

Em 2003 observaram-se diferenças significativas entre as plantas N0 e as restantes modalidades, sendo a susceptibilidade a *P. amygdali* semelhante entre N1 e N2, e semelhante entre N2 e N3, com N3 a diferir de N1.

Em 2006 observaram-se diferenças significativas entre as plantas N0 e N1, não se observando diferenças entre as plantas N2 e N0. Neste ciclo não foi possível avaliar a susceptibilidade a *P. amygdali* das plantas N3, uma vez que estas morreram em consequência de um forte ataque de escolítídeos durante o mês de Julho (ponto 6.8). Neste ciclo todas as modalidades apresentaram teores de azoto superiores a 2,00% e as plantas N3 apresentaram teores de azoto de 4,65% (Quadro 6.8). A morte das plantas desta modalidade inviabilizou a avaliação da susceptibilidade ao cancro, na única situação em que se tinha alcançado um teor de azoto foliar superior a 4%, ou seja, um valor claramente excessivo.

Considerando apenas os ciclos 2003 a 2005, verificamos que a dimensão dos cancos é mais elevada em qualquer das modalidades extremas por oposição às plantas N1 e N2 que apresentaram os cancos de menores dimensões (Fig. 6.13), verificando-se diferenças significativas ($p=0,022$) entre a modalidade N1 e as modalidades extremas.

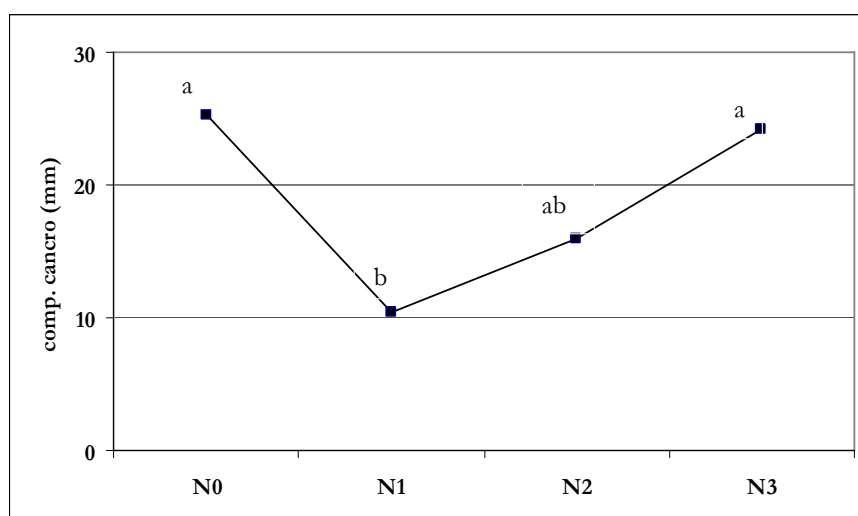


Figura 6.13. Média do comprimento do cancro por modalidade (considerando os ciclos 2003 a 2005).

O resultado alcançado indicia uma situação desfavorável em termos de susceptibilidade ao cancro, tanto das plantas sujeitas a disponibilidade excessiva de azoto como das plantas sujeitas a deficiência.

Para identificação da relação entre o estado de nutrição das plantas e a susceptibilidade ao cancro, introduziu-se a variável cancro, como variável suplementar, na ACP realizada com base no estado de nutrição, sendo os resultados analisados tendo em conta os valores das coordenadas e \cos^2 da variável cancro, relativamente a cada uma das componentes e, sua representação gráfica (Quadro 6.15 e Fig. 6.14).

Quadro 6.15. Coordenadas e \cos^2 do cancro (mm) nas quatro componentes principais extraídas da Análise de Componentes Principais.

	1. ^a comp.		2. ^a comp.		3. ^a comp.		4. ^a comp.	
	Coord.	Cos ²	Coord.	Cos ²	Coord.	Cos ²	Coord.	Cos ²
Cancro	0,48	0,23	0,36	0,13	-0,06	0,00	0,53	0,28

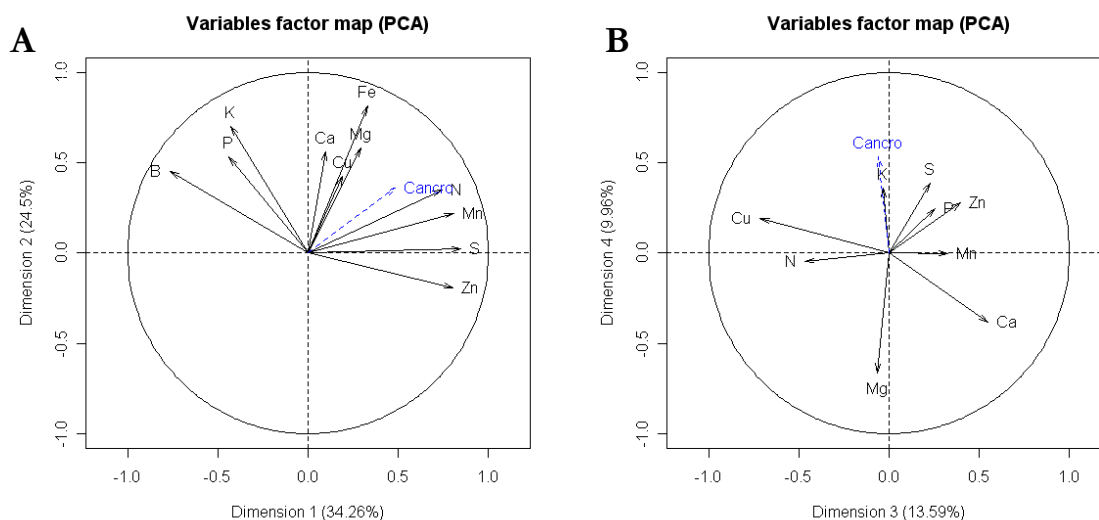


Figura 6.14. Representação gráfica das quatro componentes, da Análise de Componentes Principais, referentes ao estado de nutrição e da susceptibilidade ao cancro (considerada como variável suplementar).

O cancro encontra-se melhor representado na 1.^a e na 4.^a componente (Fig. 6.14 e Quadro 6.15), apresentando a coordenada e o \cos^2 mais elevados, na 4.^a componente, que contribui apenas para explicar cerca de 10% da variabilidade relativamente ao estado de nutrição.

A 4.^a componente é essencialmente definida pelo magnésio, mas apesar das variáveis cancro e teor de magnésio estarem razoavelmente representadas na 4.^a componente, a correlação obtida entre o cancro e o teor de magnésio foi muito baixa (Quadro 6.16), o que indica uma pequena influência deste elemento na susceptibilidade ao cancro.

Quadro 6.16. Correlações entre cancro e nutrientes, extraídas da Análise de Componentes Principais.

	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Mn	Zn	Cu	B
Cancro	0,51	0,18	0,20	-0,03	0,04	0,61	0,52	0,45	0,46	0,39	-0,13

Embora com coordenada e \cos^2 mais baixos, o cancro encontra-se positivamente associado à 1.^a componente, que é definida positivamente pelo azoto, enxofre, ferro e manganês e negativamente pelo boro, verificando-se uma correlação positiva superior a 0,5 entre o cancro e os elementos azoto, enxofre e ferro, sendo a correlação mais elevada com o enxofre. Esta correlação indica que plantas caracterizadas por estados de nutrição associados a

teores elevados de azoto apresentam maior susceptibilidade ao cancro, embora outros factores possam estar a contribuir para a variabilidade da dimensão dos cancros. A correlação entre o cancro e o teor de boro foi muito baixa, o que indica que o desequilíbrio no teor de boro, induzido pela disponibilidade de azoto, não está a interferir significativamente na variabilidade da susceptibilidade ao cancro.

A baixa representatividade do cancro nas componentes definidas pela ACP indicava que, para além da nutrição, outros factores estariam a contribuir para a variabilidade da dimensão dos cancros. Entre esses factores destacavam-se as condições climáticas que, durante o período em que decorreu o ensaio, foram muito distintas em cada ciclo, ocorrendo condições de extrema secura e condições de elevada precipitação.

O ciclo de 2003, em termos de precipitação, foi aquele que mais se aproximou da precipitação média referida por Horta e Nunes (2007b), para o período 1986-2005.

Em 2004 e 2005 a precipitação foi baixa, sendo o ano 2005, segundo IM (2005), o ano mais seco dos últimos 100 anos. Apesar de 2005 ser um ano de baixa precipitação, Novembro desse ano não se afastou muito da média, tendo-se registado 97 mm de precipitação em Castelo Branco e 124 mm na estação meteorológica do Brejo, a mais próxima do local da segunda repetição do ensaio em vasos.

Em 2006, a precipitação total variou entre 1000 mm em Castelo Branco, e 1112 mm no Brejo, sendo um ano com precipitação superior à média dos últimos 20 anos, registada no posto meteorológico da Escola Superior Agrária de Castelo Branco (Horta e Nunes, 2007b). Em Novembro desse ano, registaram-se 379 mm de precipitação na estação meteorológica do Brejo, podendo considerar-se um mês particularmente chuvoso quando comparado com uma média de 110 mm referente ao mês de Novembro, no período 1986-2005 (Horta e Nunes, 2007b).

Uma vez que o estudo decorreu num período de quatro anos, portanto manifestamente insuficiente para a elaboração de uma regressão, estatisticamente robusta, entre a precipitação e a dimensão dos cancros, utilizou-se a Análise de Correspondências Múltiplas (ACM) para avaliar esta relação, tendo por base a discretização das variáveis. Adoptou-se, assim, uma metodologia semelhante à utilizada por Bertrand *et al.* (2007) para avaliar a relação entre a incidência das doenças do lenho em videiras e a mortalidade das plantas, considerando dependências multivariadas.

Como resultado da aplicação da ACM, considerando as variáveis azoto (N), cancro (Canc), e a temperatura média e a precipitação total, no período desde a inoculação até à última avaliação dos cancros, o que corresponde sensivelmente ao período Novembro a

Março (TNM e PNM), verifica-se que os primeiros dois eixos factoriais explicam 65% da variância (Quadro 6.17), pelo que a representação gráfica se restringiu ao primeiro plano factorial. Para facilidade de análise foram assinalados os trajectos definidos pelos níveis de cada variável (Fig. 6.13).

Quadro 6.17. Valor próprio e percentagem da variância explicada pelos eixos factoriais da Análise de Correspondências Múltiplas.

Eixo factorial	Valor próprio	Percentagem da variância		Eixo factorial	Valor próprio	Percentagem da variância	
		%	% Acum			%	% Acum
1	0,872	37,4	37,4	6	0,095	4,3	94,8
2	0,638	27,3	64,7	7	0,063	2,7	97,5
3	0,275	11,8	76,5	8	0,041	1,7	99,2
4	0,182	7,8	84,3	9	0,018	0,8	100,0
5	0,145	6,2	90,5				

A ACM procura a melhor representação simultânea de conjuntos de dados, identificando, através de uma análise de χ^2 , a proximidade da distribuição espacial de nuvens de pontos. A análise dos resultados baseia-se na representação gráfica relativamente aos eixos factoriais identificados, considerando o valor de \cos^2 como um parâmetro indicador da qualidade de representação e considerando simultaneamente as contribuições que traduzem a parte da variância correspondente a cada nível da variável (Lebart *et al.*, 1997).

Da análise da Figura 6.15 poderemos verificar que o trajecto da variável cancro vai do segundo quadrante para o primeiro, passando pelo quarto e terminando no terceiro quadrante. O trajecto da variável PNM (Fig. 6.15-A) vai do primeiro quadrante para o segundo, terminando no terceiro quadrante, enquanto o trajecto da TNM (Fig. 6.15-B) vai do primeiro quadrante para o terceiro, terminando no segundo quadrante onde se localiza o nível mais elevado desta variável. O trajecto da variável azoto (Fig. 6.15-C) é muito próximo da variável cancro.

No 1.º eixo factorial (Quadro 6.18) o nível mais elevado de cancro (Canc4) encontra-se fortemente associado a precipitação elevada (PNM3) e ao nível médio de temperatura (TNM2), apresentando os níveis Canc4, TNM2 e PNM3 não só as contribuições mais elevadas, como também os valores de \cos^2 mais elevados. No que respeita à variável azoto verifica-se que, embora com uma contribuição mais baixa em

relação às variáveis climáticas, o nível mais elevado de azoto (N4) é o que apresenta o maior valor de \cos^2 , relativamente ao 1.º eixo factorial. Assim, podemos dizer que o nível mais elevado de cancro (Canc4) apresenta a maior associação com o nível mais elevado de azoto (N4).

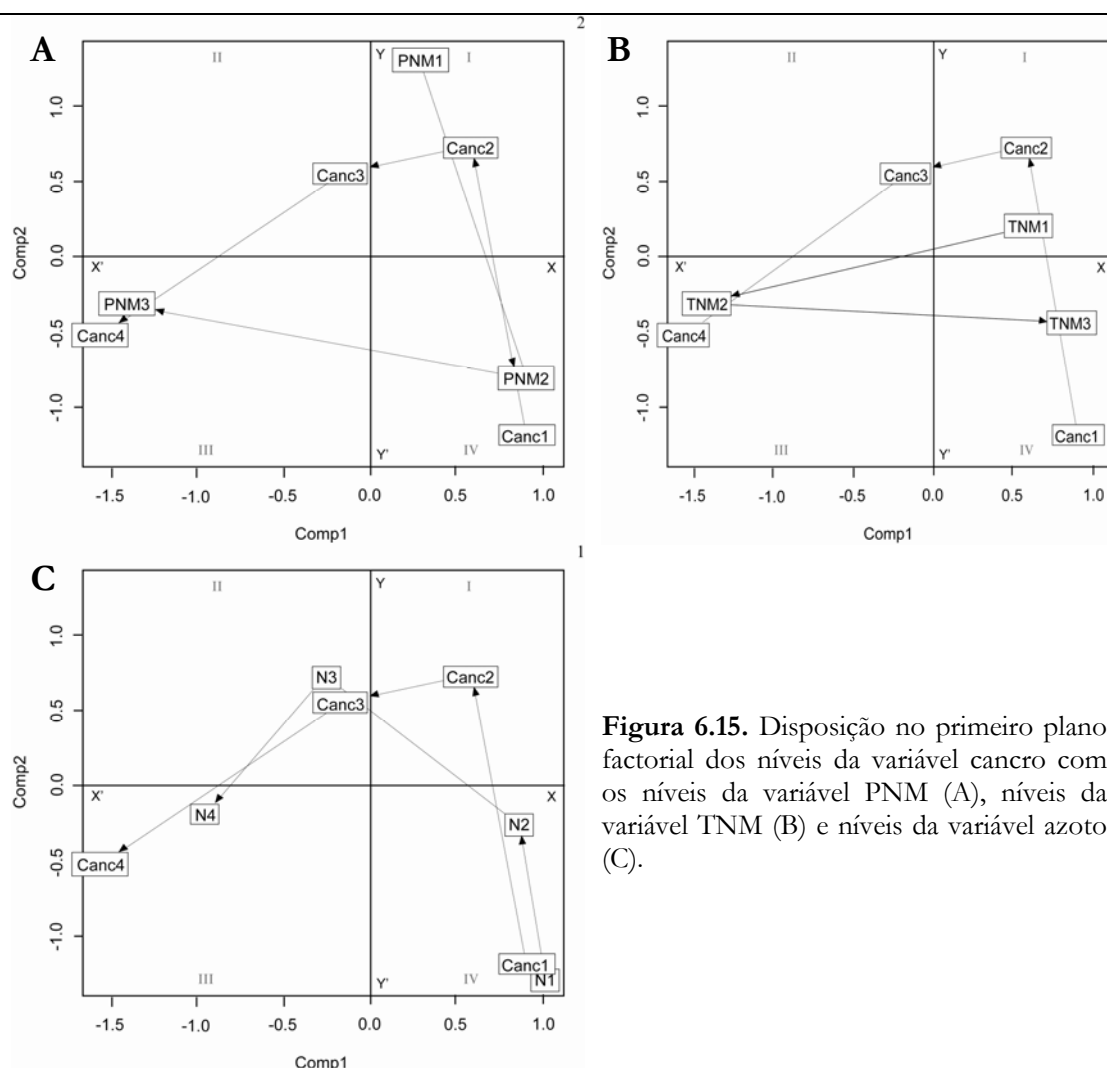


Figura 6.15. Disposição no primeiro plano factorial dos níveis da variável cancro com os níveis da variável PNM (A), níveis da variável TNM (B) e níveis da variável azoto (C).

No 2.º eixo factorial, que explica 27% da variância, o nível da variável que apresenta uma contribuição mais elevada é PNM1, estando associado aos níveis mais baixos da variável cancro (Canc1 e Canc2), sendo os três níveis das variáveis – PNM1, Canc1 e Canc2 – os que apresentam os valores de \cos^2 mais elevados. Assim, podemos concluir que os cancros de menores dimensões (englobados nos níveis Canc1 e Canc2) estão associados ao nível mais baixo de precipitação e definidos essencialmente pelo 2º eixo factorial, e, em termos de projecção factorial, localizados no segundo quadrante. O

nível de azoto que apresenta a contribuição mais elevada para o 2.º eixo factorial é N3, que se refere a teores de azoto foliar dentro do intervalo de referência 2,00%–3,50%, indicando que os níveis mais baixos de cancro estão também associados a teores de azoto considerados suficientes.

Quadro 6.18. Disposição no primeiro e segundo eixo factorial dos níveis de cancro, azoto, TNM e PNM.

Nível da variável	1.º eixo factorial			2.º eixo factorial		
	Coordenada	Contribuição	Cos ²	Coordenada	Contribuição	Cos ²
Canc1	0,93	3,47	0,23	-0,96	5,09	0,25
Canc2	0,57	2,13	0,17	0,65	3,85	0,23
Canc3	-0,20	0,16	0,01	0,40	0,89	0,04
Canc4	-1,52	10,15	0,69	-0,47	1,31	0,07
TNM1	0,61	4,32	0,59	0,30	1,48	0,15
TNM2	-1,44	12,13	0,92	-0,39	1,20	0,07
TNM3	0,90	1,18	0,07	-0,88	1,57	0,06
PNM1	0,29	0,48	0,04	1,45	16,96	0,94
PNM2	0,92	6,23	0,53	-0,85	7,31	0,45
PNM3	-1,44	12,13	0,92	-0,37	1,20	0,07
N1	0,99	2,52	0,15	-0,97	3,34	0,15
N2	0,85	3,21	0,22	-0,46	1,29	0,06
N3	-0,30	0,67	0,06	0,59	3,54	0,22
N4	-0,86	3,52	0,25	0,04	0,01	0,00

A ACM permite inferir que a susceptibilidade a *P. amygdali* está fortemente associada à precipitação, sendo esta variável a que apresenta a contribuição mais elevada. Nível baixo de precipitação (PNM1) está associado a baixos níveis de cancro (Canc1 e Canc2) e nível elevado de precipitação (PNM3) associado a nível elevado de cancro (Canc4).

Considerando que o nível N4 da variável azoto apresenta um valor de cos² mais elevado relativamente ao 1.º eixo factorial, podemos inferir que teores excessivos de azoto acentuam a susceptibilidade ao cancro.

A variável temperatura apresenta apenas contribuição e \cos^2 elevado no nível TNM2, relativamente ao 1.º eixo factorial, apresentando um valor de contribuição e de \cos^2 baixo no 2.º eixo factorial, o que indicia ser uma variável com pouca influência em situações de menor susceptibilidade, o que está de acordo com o referido por Lalancette e Robison (2001), que indicam a temperatura como um factor favorável ao desenvolvimento dos cancro após a infecção favorecida por condições de elevada humidade.

Os resultados obtidos permitem pôr em evidência uma influência do azoto na susceptibilidade ao cancro, sendo essa influência mais acentuada em situações de precipitação elevada. Condições meteorológicas de elevada precipitação associadas a elevados teores de azoto foliar tornam as plantas mais susceptíveis à doença. Quando ocorrem condições de baixa precipitação, a influência do teor de azoto na susceptibilidade ao cancro não é tão acentuada.

No que respeita à evolução dos cancro observaram-se dois comportamentos distintos. Em 2003 e em 2006 observou-se uma evolução aproximadamente constante de cada cancro, desde o início do ciclo e, nos ciclos de 2004 e de 2005, observou-se um desenvolvimento ligeiramente mais acentuado dos cancro no final do Inverno (Figs. 6.16 e 6.17).

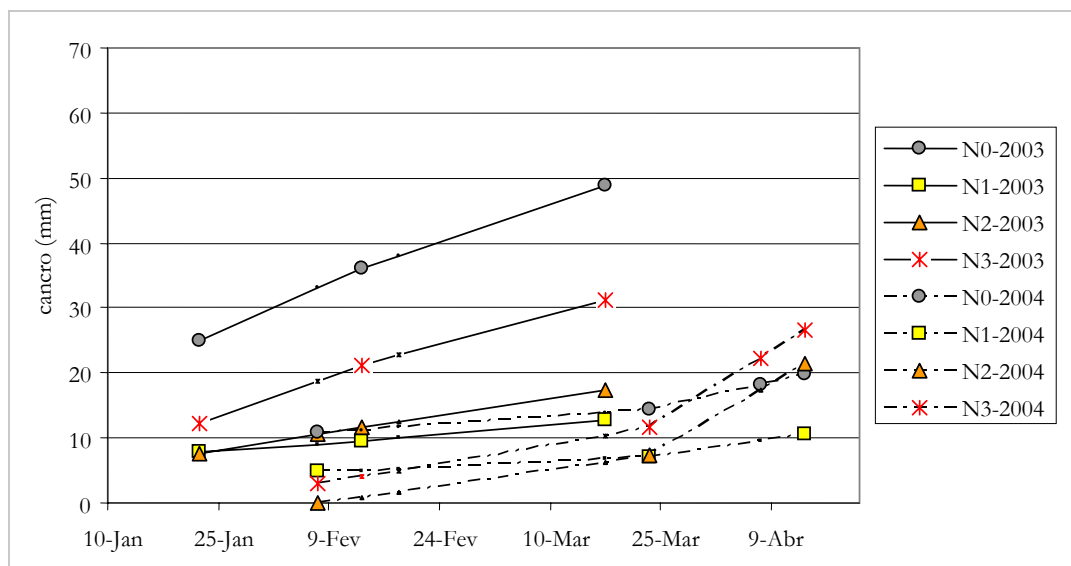


Figura 6.16. Evolução dos cancro no ciclo 2003 e no ciclo 2004.

Nos ciclos de 2003 e de 2006 observaram-se os cancos de maiores dimensões com grandes acréscimos de dimensão, entre datas de observação. No ciclo de 2006 a taxa de crescimento é semelhante para todas as modalidades, observando-se um crescimento ligeiramente mais acentuado em Fevereiro. Em 2003 as modalidades N0 e N3 apresentaram uma taxa de crescimento superior a $10 \text{ mm}\cdot\text{mês}^{-1}$ e as modalidades N1 e N2 uma taxa de crescimento inferior a $10 \text{ mm}\cdot\text{mês}^{-1}$. Nos ciclos de 2004 e de 2005, caracterizados por baixa precipitação, os cancos são de pequenas dimensões apresentando taxas de crescimento baixas, entre $2,5 \text{ mm}\cdot\text{mês}^{-1}$ e $5 \text{ mm}\cdot\text{mês}^{-1}$. No ciclo de 2004, no final do período de desenvolvimento, os cancos das plantas N2 e N3 apresentaram uma taxa de crescimento mais acentuada relativamente às plantas N0 e N1, tendo ocorrido uma situação semelhante no ciclo de 2005 relativamente à modalidade N3, o que indica um comportamento diferencial entre as diferentes modalidades.

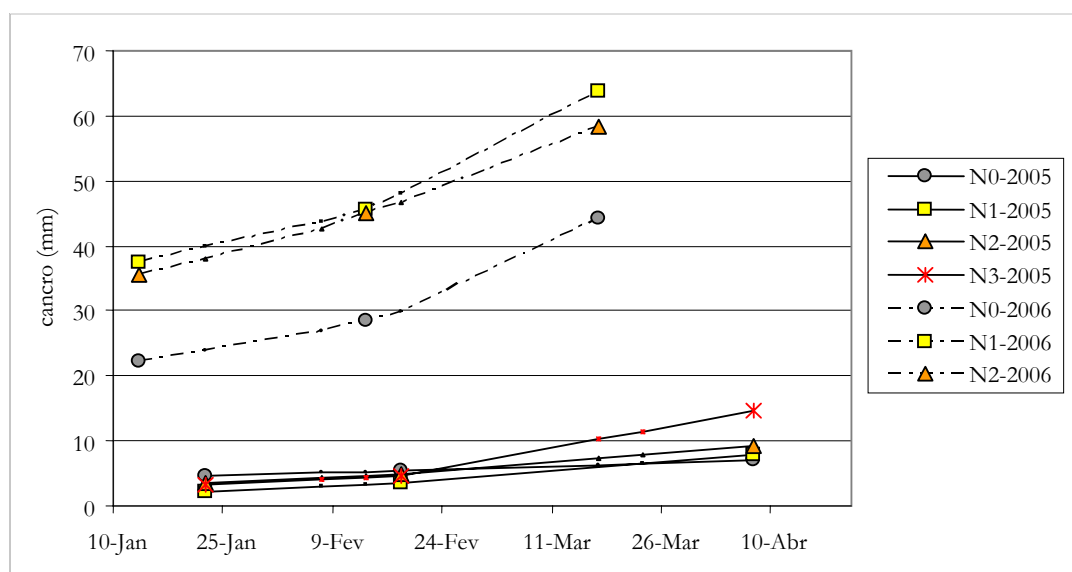


Figura 6.17. Evolução dos cancos no ciclo 2005 e no ciclo 2006.

A maior susceptibilidade a *P. amygdali*, de plantas com teor elevado de azoto, poderá estar relacionada com a maior riqueza ao nível de compostos proteicos receptores de fusicoccina. Strobel (1982) refere a existência de receptores proteicos desta fitotoxina, ao nível da membrana celular associada a ATPase, podendo esses compostos estar também envolvidos no transporte de reguladores de crescimento ou de açúcares. Maior disponibilidade de azoto correlacionada com teores mais elevados de aminoácidos (Laywisadkul, 2007b) e proteínas (Guak *et al.*, 2001), poderá conduzir a condições mais

favoráveis à síntese desses receptores, incrementando a acção da fusicoccina. Para o esclarecimento desta possível associação será necessária uma abordagem bioquímica.

Por outro lado, Paygami (1977) refere que o aumento da turgescência dos tecidos pode provocar acréscimo de sensibilidade ao parasita, tornando mais susceptíveis as plantas N3, uma vez o azoto induz a maior desenvolvimento vegetativo e previsivelmente a maior turgescência das células. O menor espessamento da parede celular, em plantas sujeitas a maior disponibilidade de azoto, foi também observado por Jovanic *et al.* (2004).

A maior susceptibilidade das plantas N0, com maior expressão no ciclo de 2003, poderá estar associada à debilidade geral da planta. As plantas cultivadas em condições de deficiência de azoto recorrem à degradação das suas próprias estruturas proteicas como fonte de azoto, levando à diminuição da sua capacidade de defesa (Huber e Thompson, 2007). Situações de maior susceptibilidade associadas a níveis de deficiência de azoto foram referidas por Cao *et al.* (2005) relativamente a *P. syringae* pv. *syringae* e por Tratch *et al.* (2007) relativamente a *T. discolor*.

Contudo, a ocorrência de situações de deficiência de azoto em pomares comerciais é pouco habitual, sendo mais frequente a aplicação de doses elevadas de azoto, pelo que o aumento da susceptibilidade em situações de carência de azoto não terá normalmente expressão ao nível da fruticultura actual.

6.3.3. Susceptibilidade a afídeos

No vasto conjunto de pragas que afectam a actividade agrícola, os afídeos são considerados como a praga causadora de maiores prejuízos (Klingauf, 1987).

Os afídeos são insectos sugadores fitófagos que se alimentam de forma praticamente contínua durante toda a sua vida (Lourenço, 1997). Para a maioria das espécies a fonte de alimento encontra-se no floema, consistindo numa solução aquosa de açúcares principalmente sacarose e outras substâncias orgânicas, nomeadamente aminoácidos, vitaminas e minerais (Klingauf, 1987).

Para grande número de espécies, a presença de afídeos em pessegueiros provoca o encarquilhamento das folhas e ramos e é particularmente grave em árvores jovens pois, induzindo à deformação dos ramos, compromete a formação inicial das plantas (Strand, 1999).

Paralelamente, na fase jovem das plantas, é frequente a utilização excessiva de adubos azotados por parte dos agricultores para obtenção de rápido crescimento das

plantas, sendo associada, a maior susceptibilidade a afídeos a níveis elevados de fertilização azotada.

No ensaio em vasos não se observou a ocorrência de afídeos em 2003, mas observou-se a sua presença em 2004, em 2005 e em 2006, sendo sempre a espécie *Brachycaudus schwartzi* (Börner), referido por Satar e Yokomi (2001) como o afídeo mais frequente em pessegueiros e nectarinas, em San Joaquin Valley (EUA). A avaliação da susceptibilidade a afídeos baseou-se na contagem dos ramos ocupados, procedendo-se, sempre que necessário, à eliminação da praga, uma vez que a integridade dos ramos, sobre os quais se iria avaliar a susceptibilidade a *P. amygdali*, ficaria seriamente afectada caso não se procedesse ao controlo dos afídeos. Assim, após contagem dos ramos com presença de afídeos, foi necessário evitar a proliferação da praga com a consequente ocupação de novos ramos. Em 2004 e 2005 procedeu-se ao combate da praga através de intensa lavagem com água dos lançamentos ocupados, permitindo que, globalmente, as plantas continuassem receptivas. Em 2006, devido a maior incidência da praga foi necessário proceder a um tratamento químico com imidaclopride.

Com base na Análise de Variância, não se observaram diferenças significativas na susceptibilidade apresentada pelas plantas das diferentes modalidades (Quadro 6.19).

Quadro 6.19. Ocorrência de *Brachycaudus schwartzi* (n.º de lançamentos com afídeos/planta).

Modalidade	2004	2005	2006	Média
N0	0,00	0,00	0,92	0,46
N1	0,13	0,58	1,33	0,96
N2	0,17	0,42	1,92	1,17
N3	0,67	0,83	1,73	1,27
Média	0,24	0,46	1,47	0,96
χ^2	3,169	4,391	F _(3,12) =1,873	4,563
p	0,366	0,222	0,188	0,207
Sig.	ns	ns	ns	ns

A ocupação por *B. schwartzi* semelhante nas plantas das várias modalidades, sugeria que o diferente estado de nutrição das plantas não teria induzido a um comportamento diferencial por parte dos afídeos. No entanto, a introdução da variável afídeos, como variável suplementar, na ACP referente ao estado de nutrição, considerando os ciclos 2004

a 2006, indicou uma forte correlação entre a susceptibilidade a afídeos e o teor de azoto foliar (Quadro 6.20). Os resultados são analisados com base nas correlações entre *B. schwartzzi* e os nutrientes e nos valores das coordenadas e \cos^2 da variável afídeos, bem como na sua representação gráfica (Fig. 6.18).

Quadro 6.20. Correlações entre nutrientes e a presença de *Brachycaudus schwartzzi*, como variável suplementar, considerando 2004, 2005 e 2006.

	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Mn	Zn	Cu	B
N	1,00	-0,29	-0,03	0,06	0,46	0,49	0,62	0,64	0,27	0,57	-0,59
P		1,00	0,52	0,30	0,08	-0,11	0,27	-0,13	-0,21	0,10	0,61
K			1,00	0,20	0,01	-0,26	0,39	-0,29	-0,44	0,34	0,70
Ca				1,00	0,51	0,06	0,15	0,03	0,01	0,13	0,10
Mg					1,00	0,05	0,51	0,36	-0,05	0,23	-0,16
S						1,00	0,31	0,87	0,88	0,16	-0,63
Fe							1,00	0,47	0,07	0,58	-0,05
Mn								1,00	0,77	0,21	-0,67
Zn									1,00	-0,06	-0,67
Cu										1,00	-0,09
B											1,00
Afídeos	0,66	-0,07	0,05	-0,02	0,24	0,57	0,54	0,58	0,41	0,43	-0,43

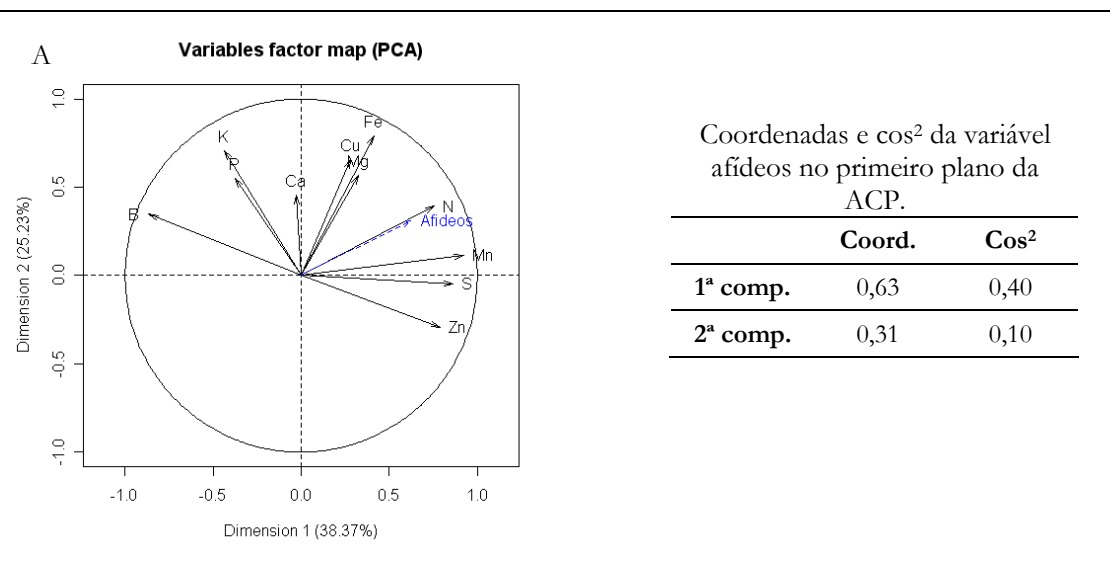


Figura 6.18. Representação gráfica das duas componentes principais da Análise de Componentes Principais referentes ao estado de nutrição e incidência de *Brachycaudus schwartzzi* (considerada como variável suplementar).

A variável afídeos encontra-se bem representada no primeiro plano da ACP (Fig. 6.18 e Quadro 6.20), apresentando a coordenada e o \cos^2 mais elevados na 1.^a componente, que contribui apenas para explicar cerca de 38,4% da variabilidade, relativamente ao estado de nutrição. Paralelamente apresenta a correlação mais elevada com o azoto (0,66), evidenciando a maior susceptibilidade das plantas sujeitas a fertilização azotada excessiva. Para além do azoto, a variável afídeos apresentou elevada correlação com o enxofre, ferro e manganês, elementos que apresentam teores mais altos nas modalidades de fertilização azotada elevada.

A fertilização azotada excessiva está largamente conotada com a maior susceptibilidade a afídeos, tendo sido desenvolvidos muitos estudos em plantas herbáceas com especial incidência nas hortícolas (Vavrina, 1993; Strand, 1999; Bortoli, 2006). Bortoli (2006), num ensaio desenvolvido em *Brassica oleracea* L. verificou que doses elevadas de azoto fornecidas sob a forma nítrica favoreceram o desenvolvimento vegetativo das plantas e a capacidade reprodutiva e qualidade de vida do afídeo *Brevicoryne brassicae* (L.) que as utilizou como alimento. Quando as mesmas doses elevadas de azoto foram fornecidas sob a forma amoniacal não só prejudicou o desenvolvimento vegetativo das plantas, provocando queimaduras nos bordos das folhas e reduzindo a área foliar, como reduziu a sobrevivência dos afídeos pelas condições de alimentação mais desfavoráveis.

Klingauf (1987) indica que a selecção das plantas pelos afídeos resulta de um dualismo entre o estímulo do sistema nervoso central e o estímulo exterior, sendo a orientação para o hospedeiro baseada em estímulos físicos e químicos. No conjunto dos estímulos físicos destaca-se o efeito do comprimento de onda, sendo os afídeos atraídos pelas radiações de longo comprimento de onda que são emitidas pelo solo e pela plantas, exercendo a radiação de curto comprimento de onda, como a emitida pelos céus, um efeito de repulsão. O efeito da cor amarela (que emite num comprimento de onda compreendido entre 500-580 nm), na atracção dos afídeos, é largamente aplicado no estudo das formas aladas (Lourenço, 1997), através da utilização de armadilhas cromotrópicas de cor amarela. No conjunto dos estímulos químicos inclui-se a composição química do suco celular que, por sua vez, é dependente das condições fisiológicas da planta.

Uma vez que os afídeos necessitam de alguns minutos, por vezes horas, para que o estilete bucal penetre no tecidos do hospedeiro até atingir o floema (Lourenço, 1997), o afídeo faz uma prova inicial para saber se a planta é ou não apropriada para seu alimento, antes da penetração até ao floema. Srivastava (1987) refere que esse reconhecimento se baseia na presença de aleloquímicos que não apresentam valor alimentar mas actuam como

estímulo para o reconhecimento do hospedeiro. Awaack e Leather (2002) referem que a qualidade da planta hospedeira, avaliada pelo teor em carbono, azoto e metabolitos de defesa, afecta a fecundidade dos insectos fitófagos, e influencia a escolha do local de oviposição.

A relação entre a fertilização azotada e a presença de afídeos pode ser mascarada por múltiplos factores que contribuem para o estado fisiológico das plantas, quer bióticos quer abióticos, tornando por vezes difícil a análise de resultados. Haltrich *et al.* (2000), em macieiras sujeitas a diferentes níveis de fertilização azotada, não obtiveram resultados consistentes, uma vez que a mesma cv. Jonagold apresentou maior presença para níveis baixos de azoto, num ciclo, e a menor presença para as mesmas condições no ciclo seguinte. Resultados inconsistentes foram também obtidos por Papp *et al.* (2001) com macieiras da cv. Idared.

6.3.4. Susceptibilidade a *Anarsia lineatella*

Anarsia lineatella é, em paralelo com a mosca do mediterrâneo, uma praga que tem causado prejuízos na região da Beira Interior, sendo realizados um a dois tratamentos para o seu combate (Balanço Fitossanitário⁶). Segundo Strand (1999), nos Estados Unidos da América, a anársia é a praga mais importante em pomares de pessegueiros. Na Califórnia a anársia e a traça oriental (*Grapholita molesta* (Busck)(Lepidoptera: Tortricidae)) são consideradas as pragas mais importantes em pomares de pessegueiros (Daane *et al.*, 1995). Cravedi e Jörg (1996), fazendo um levantamento dos constrangimentos na implementação da produção integrada na cultura do pessegueiro, referem o combate à anársia como um problema com necessidade de atenção, devido ao prejuízo que causa em muitas regiões, sugerindo o desenvolvimento de novas tecnologias de combate à praga.

Os estragos causados por esta praga podem verificar-se ao nível dos lançamentos e ao nível dos frutos. Os estragos nos lançamentos têm lugar no início do ciclo vegetativo e advêm da penetração da larva na extremidade superior do lançamento, alimentando-se no seu interior (Fig. 6.19) e provocando a sua morte (Strand, 1999). Os estragos causados por *A. lineatella* nos lançamentos são particularmente graves nas plantas jovens, apresentando-se como estragos menores nas plantas adultas uma vez que o número de lançamentos/planta é muito superior e as plantas apresentam maior capacidade de regeneração.

⁶ Balanço Fitossanitário realizado pela APPIZÊZERE e AAPIM na sessão de divulgação do projecto Agro 452- Jornada de Prunóideas, em 14 de Março de 2007 (dados não publicados).



Figura 6.19. Movimento da larva de *Anarsia lineatella* na extremidade de um ramo.

No ensaio em vasos, a presença de *A. lineatella* foi avaliada através da contagem do número de ramos atacados, tentando-se, através da sua eliminação após a contagem, que a mesma larva não atacasse mais do que um ramo.

No conjunto dos três ciclos vegetativos, em 2005 observou-se a incidência mais elevada desta praga (Quadro 6.21). Com efeito, neste ciclo, podemos dizer que foi ultrapassado o nível económico de ataque de 5% de raminhos atacados (Cavaco *et al.*, 2006), se tivermos em consideração o número de ramos atacados e o número médio de ramos por planta (Quadro 6.27).

Quadro 6.21. Susceptibilidade a *Anarsia lineatella* (n.º de ramos-planta⁻¹).

Modal.	2004	2005	2006	Média
N0	0,25	0,75 b	0,00	0,33 b
N1	2,45	3,33 ab	0,67	2,14 a
N2	1,18	2,73 ab	0,27	1,39 a
N3	1,55	5,18 a	0,08	2,21 a
Média	1,33	2,96	0,26	1,51
χ^2	7,2	F=6,811	7,124	19,148
P	0,066	0,001	0,060	0,000
Sig.	ns	*	ns	***

Em 2005, ano em que se observou um ataque mais elevado, as plantas N0 apresentaram um número de ramos danificados significativamente mais baixo, relativamente às plantas N3, não se observando diferenças entre as restantes modalidades.

Em 2004 e em 2006 não se observaram diferenças significativas entre as modalidades.

No conjunto dos três ciclos observou-se uma menor susceptibilidade das plantas N0, não se observando diferenças significativas entre N1, N2 e N3. Este resultado está de acordo com o obtido por Daane *et al.* (1995) que observaram menor susceptibilidade das plantas fertilizadas com doses baixas de azoto, indicando uma relação positiva entre a susceptibilidade das plantas e a presença de ramos novos. Com efeito, em estudos realizados em laboratório, estes autores verificaram um sucesso de 90% de penetração de larvas de *A. lineatella* em lançamentos novos comparativamente a 10% de penetração em lançamentos mais velhos, o que justificaria a menor susceptibilidade das plantas N0 em virtude do menor número de lançamentos novos nesta modalidade.

Em complemento aos trabalhos realizados por Daane *et al.* (1995) seria interessante verificar se ocorre uma postura diferencial, considerando que a selecção do hospedeiro pelo insecto envolve factores visuais e químicos, sendo muitos insectos capazes de discriminar odores das plantas (Schoonhoven, 1972). Bryrant *et al.* (1983), com a teoria do balanço carbono-azoto, sugerem que menor disponibilidade de azoto provoca alterações na razão carbono/azoto na planta, verificando-se maior concentração de compostos secundários resultantes da produção de hidratos de carbono acima das necessidades de crescimento, podendo esses compostos secundários serem perceptíveis pelo insecto.

Complementando a Análise de Variância, que indicou menor susceptibilidade das plantas N0, introduziu-se a variável anársia como variável suplementar na ACP, realizada com base no estado de nutrição, considerando os ciclos 2004 a 2006. Os resultados são analisados com base na matriz de correlações entre anársia e nutrientes (Quadro 6.22) e na representação gráfica, através do valor das coordenadas e \cos^2 da variável anársia (Fig. 6.20 e Quadro 6.23), relativamente a cada uma das quatro componentes da ACP, cuja matriz de correlações consta do Quadro 6.20.

Quadro 6.22. Correlações entre os nutrientes e a presença de anársia, como variável suplementar, considerando 2004, 2005 e 2006.

	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Mn	Zn	Cu	B
Anársia	0,03	-0,32	-0,27	0,16	0,06	-0,29	-0,46	-0,20	-0,16	-0,24	-0,19

A anársia encontra-se melhor representada na 2.^a e 4.^a componentes (Fig. 6.20 e Quadro 6.23), apresentando a coordenada e o \cos^2 mais elevados na 4.^a componente, que contribui apenas para explicar cerca de 11,3% da variabilidade relativamente ao estado de

nutrição. O valor baixo de \cos^2 na 1.^a, 2.^a e 3.^a componentes indica que a incidência de anársia é fracamente condicionada pelo estado de nutrição.

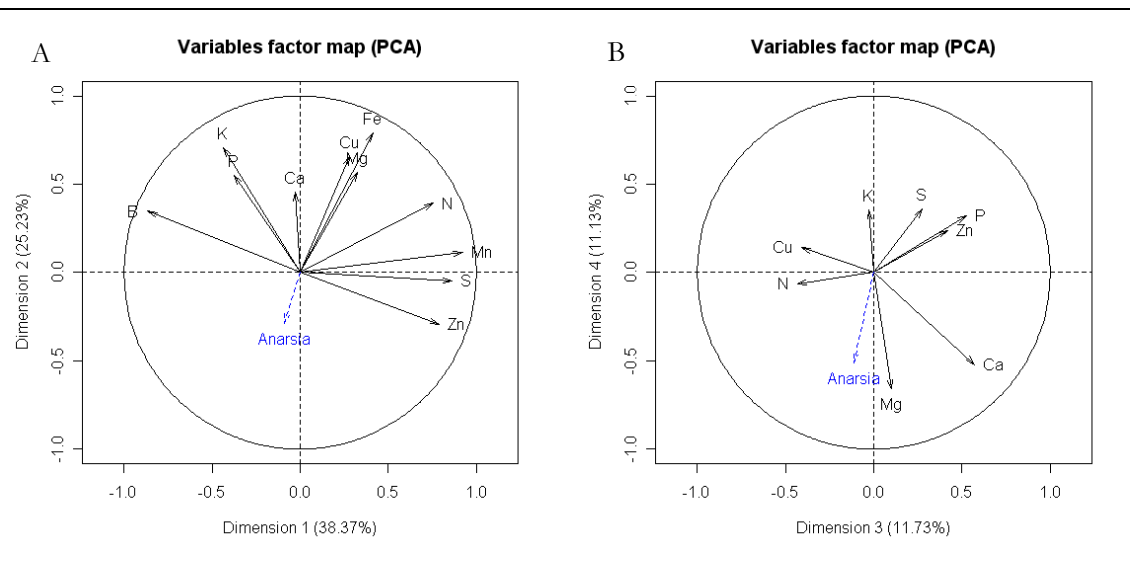


Figura 6.20. Representação gráfica das quatro componentes principais da Análise de Componentes Principais referentes ao estado de nutrição e incidência de anársia (considerada como variável suplementar).

Quadro 6.23. Coordenadas e \cos^2 da variável anársia (ramos-planta⁻¹) nas quatro componentes extraídas da Análise de Componentes Principais referente ao estado de nutrição.

	1. ^a comp.		2. ^a comp.		3. ^a comp.		4. ^a comp.	
	Coord.	Cos ²	Coord.	Cos ²	Coord.	Cos ²	Coord.	Cos ²
Anársia	-0,124	0,015	-0,257	0,066	-0,022	0,000	-0,483	0,233

Considerando os valores das correlações (Quadro 6.22), verifica-se que a susceptibilidade a anársia apresenta as correlações mais elevadas com o ferro e o fósforo, estando correlacionada de um modo negativo com estes elementos, embora os valores sejam sempre inferiores a 0,5. A correlação entre anársia e teor de azoto foi muito baixa.

O esclarecimento do efeito do ferro na menor susceptibilidade das plantas a anársia seria interessante, uma vez que o pessegueiro apresenta frequentemente deficiência de ferro quando cultivado em solos calcários, com alterações bioquímicas a nível citológico (Monge *et al.*, 1993b).

6.3.5. Susceptibilidade a escolitídeos

No último ano do ensaio em vasos, no mês de Junho, as plantas N3 começaram a apresentar sintomas semelhantes à deficiência hídrica ou excesso de salinidade. As folhas apresentavam-se emurchecidas, aparecendo manchas cloróticas na parte marginal e apical da folha (Fig. 6.21). A avaliação da condutividade eléctrica com base numa amostra de terra retirada de cada vaso, revelou ausência de problemas de salinidade.



Figura 6.21. Folhas e lançamento em plantas N3 atacadas por escolitídeos.

Duas a três semanas após o início da sintomatologia descrita, nas plantas N3 eram visíveis múltiplos pontos de exsudação de goma, no tronco, e por vezes também em lançamentos laterais (Fig. 6.22).

O conjunto de sintomas descritos permitiu a identificação de um forte ataque de escolitídeos. A goma exsudada através dos orifícios resultantes do ataque da praga, reacção frequente em prunóideas, permitiu uma rápida identificação dos locais de saída dos jovens adultos.

No vasto grupo dos escolitídeos destacam-se as espécies *Scolytus scolytus* (Fabricius), *Scolytus multistriatus* (Marscham) e *Scolytus kirschii* Skalitzly, consideradas praga-chave do ulmeiro, estando directamente associados à doença da grafiose por serem o seu principal vector (López *et al.*, 2003). Nestas espécies o ciclo biológico inicia-se com a emergência dos primeiros imagos, na Primavera (finais de Abril a meados de Maio), que seleccionam os hospedeiros adequados para se reproduzir, a partir dos quais emitem

feromonas de agregação que atraem novos indivíduos de ambos os sexos, para a mesma planta. As fêmeas, após acasalamento, escavam galerias onde depositam os ovos que eclodem no final de sete a nove dias, escavando galerias perpendiculares à galeria materna, pupando no final de 20 a 22 dias, ocorrendo posteriormente a saída dos novos jovens através de novos orifícios (López *et al.*, 2003).



Figura 6.22. Tronco das plantas N3 com exsudação de goma através dos orifícios originados por escolitídeos.

Tendo em conta a biologia da praga, a avaliação da sua severidade foi realizada pela contabilização do número de orifícios observados numa extensão de 30 cm, na parte central do tronco, tendo-se observado diferenças significativas entre as plantas N3 e as plantas N0, N1 e N2, não diferindo estas entre si (Quadro 6.24).

A diferencial severidade do ataque observado resultou na morte de 80% das plantas N3, não se verificando a morte nem visível debilidade nas plantas das restantes modalidades.

Embora os escolitídeos ataquem preferencialmente plantas já debilitadas (Bovey, 1984; Sierra e Martin, 2004), quer por anoxia, geadas, fraca união de enxertia, seca ou roedores, Ciglar e Baric (2000) referem que na Croácia se têm observado ataques de

escolitídeos, da espécie *Xyleborus dispar* (Fabricius), em pomares jovens de macieiras, sem que se verifiquem condições de debilidade das plantas e que, em situações de forte infestação pode resultar na morte das plantas.

Em macieiras, na região de Viseu, foi também assinalada a presença de *Xyleborus* sp. que tem provocado a morte de macieiras nas situações de ataque mais intenso (Martins e Lopes, 2008).

A diferente susceptibilidade apresentada pelas plantas N3,

Quadro 6.24. Severidade do ataque de escolitídeos no ensaio em vasos, em 2006.

Modalidade	Orifícios/30cm de tronco
N0	1,25 b
N1	0,73 b
N2	1,18 b
N3	24,27 a
Média	6,73
F	X ² =16,74
P	0,001
Sig.	**

em relação às restantes modalidades, pode indicar que o desequilíbrio nutricional induzido pela fertilização tenha colocado as plantas em condição de stresse, capaz de ser perceptível à praga, uma vez que neste ensaio se verificou a selecção específica das plantas N3 relativamente às restantes plantas. Esta selectividade poderá estar relacionada com a emissão, em quantidade suficiente, de algum tipo de composto secundário por parte da planta, capaz de ser detectado pela praga, à semelhança do referido por Schoonhoven (1972).

Waterman e Mole (1989) referem que a produção de alcalóides está relacionada com a relação carbono/azoto, sendo a sua produção mais elevada quando essa relação é baixa. Sabendo que a fertilização azotada apresenta uma influência negativa na concentração de hidratos de carbono (Heuvel e Davenport, 2006), e observando-se uma relação inversa entre a fertilização azotada e a razão carbono/azoto na planta (Bryant *et al.*, 1983), a alteração dessa razão poderá ter induzido a produção de algum composto capaz de ser perceptível pela praga.

Para identificar a relação entre o estado de nutrição das plantas e a presença a escolitídeos, introduziu-se a variável escolitídeos como variável suplementar na ACP realizada com base no estado de nutrição das plantas em 2006, uma vez que apenas neste ciclo se observou a presença de escolitídeos (Quadro 6.25 e Fig. 6.23).

Em 2006 as duas componentes principais da ACP explicam 85,9% da variância referente ao estado de nutrição, sendo a primeira componente definida positivamente pelo azoto, enxofre, zinco e manganês e negativamente pelo boro e potássio.

Quadro 6.25. Correlações entre nutrientes, extraídas da Análise de Componentes Principais (ciclo 2006), com a presença de escolitídeos como variável suplementar.

	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Mn	Zn	Cu	B
N	1,00	-0,49	-0,90	-0,61	0,46	0,88	0,29	0,96	0,89	-0,37	-0,89
P		1,00	0,60	0,79	0,40	-0,60	0,57	-0,46	-0,69	0,48	0,70
K			1,00	0,50	-0,43	-0,82	-0,22	-0,94	-0,84	0,34	0,94
Ca				1,00	0,30	-0,60	0,39	-0,47	-0,73	0,65	0,59
Mg					1,00	0,36	0,79	0,56	0,16	0,03	-0,24
S						1,00	0,11	0,89	0,91	-0,58	-0,84
Fe							1,00	0,30	0,06	0,30	-0,13
Mn								1,00	0,84	-0,36	-0,88
Zn									1,00	-0,54	-0,92
Cu										1,00	0,32
B											1,00
Escolitídeos	0,33	-0,28	-0,56	-0,11	0,28	0,32	0,16	0,45	0,30	-0,21	-0,46

A variável escolitídeos apresenta a coordenada e o \cos^2 mais elevados na 1.^a componente (Fig. 6.23), que contribui para explicar cerca de 70% da variabilidade relativamente ao estado de nutrição. Apesar da variável escolitídeos apresentar uma baixa representação na ACP, ela apresenta uma correlação positiva elevada com o azoto (0,33), o enxofre (0,33), o manganês (0,45) e com o zinco (0,30) (Quadro 6.25), elementos que apresentam teores mais elevados nas plantas sujeitas a fertilização azotada mais elevada. Simultaneamente, apresenta uma correlação negativa elevada com o potássio (-0,56) e com o boro (-0,46), elementos que apresentam teores elevados nas plantas sujeitas a fertilização azotada deficiente.

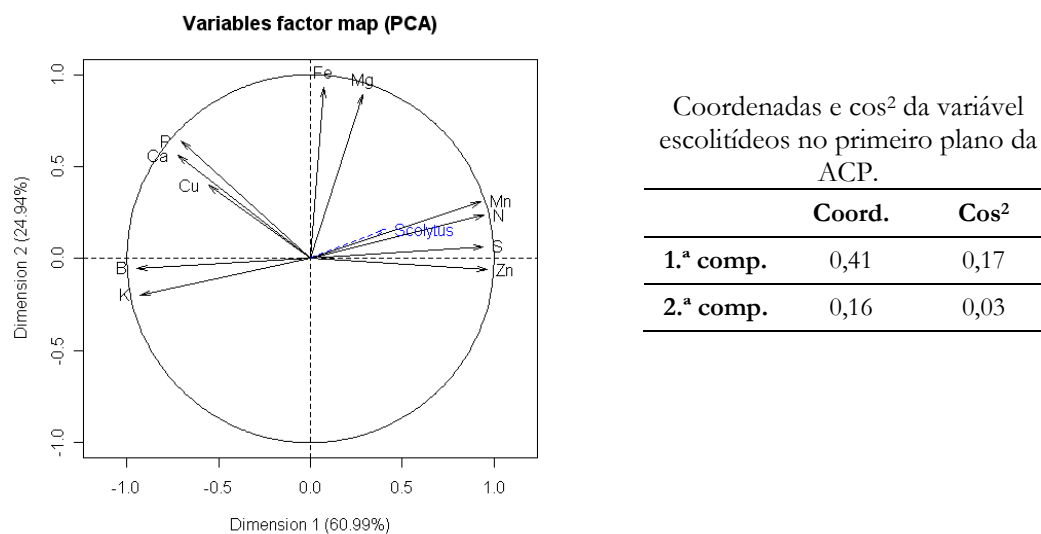


Figura 6.23. Representação gráfica do primeiro plano da Análise de Componentes Principais, referentes ao estado de nutrição e a presença de escolítídeos (considerada como variável suplementar) em 2006.

Os escolítídeos são uma praga com grande incidência em espécies florestais, sendo nestas culturas que têm sido realizados mais estudos (Pajares *et al.*, 2004; Sierra e Martín 2004), procurando-se frequentemente modelos de previsão de susceptibilidade (Cole *et al.* 1976; Mitchell e Preisler, 1991; Pinto, 1998).

Em pinheiros, a selecção das árvores pelos escolítídeos foi positivamente relacionada com o diâmetro das plantas, iniciando-se o ataque destes insectos pelas árvores de maior diâmetro (Geiszler e Gara, 1978; Mitchell e Preisler, 1991; Pinto, 1998) e propagando-se posteriormente às árvores que, embora tenham diâmetro menor, se encontram na sua vizinhança. O diâmetro da planta está relacionado com a sua idade e com o seu vigor. Para povoamentos com idade semelhante, plantas com maior diâmetro são mais vigorosas e em povoamentos de idade heterogénea, plantas de maior diâmetro correspondem frequentemente a plantas mais velhas. À semelhança da relação positiva entre o diâmetro da planta e a susceptibilidade a escolítídeos, Pinto (1998) obteve consistentemente uma relação positiva entre a susceptibilidade a escolítídeos e a idade da planta. Considerando o vigor das plantas, avaliado em gramas de madeira m^{-2} de área foliar⁷, Mitchell e Preisler (1991) referem que este parâmetro não foi um factor determinante na selectividade dos escolítídeos.

⁷ Esta avaliação do vigor (gramas de madeira m^{-2} de área foliar) é calculada através da equação descrita por Waring *et al.* (1980), que se baseia na correlação linear que se verifica entre uma unidade de área de secção de tronco, à altura do peito, expressa em cm^2 e $0,15 m^2$ de área foliar.

Estando o comportamento da população de escolítídeos muito associado à emissão e detecção de feromonas, permitindo o ataque em massa de uma planta alvo e a cessação desse ataque após saturação, através da emissão de feromonas de anti-agregação (Borden, 1989), a selecção preferencial das plantas N3 neste ensaio poderá abrir uma nova perspectiva no que respeita ao papel do estado de nutrição das plantas na susceptibilidade a esta praga, parâmetro pouco utilizado em estudos com espécies florestais.

6.3.6. Desenvolvimento vegetativo

O efeito do azoto no desenvolvimento vegetativo das plantas é reconhecido por todos os agentes com ligação à agronomia. Como seria de esperar, também neste ensaio a fertilização diferencial em azoto induziu a diferente desenvolvimento vegetativo, nas plantas das várias modalidades (Quadros 6.26, 6.27 e 6.28).

Quadro 6.26. Desenvolvimento vegetativo em 2003.

	Total crescimento (cm)	Total ramos (n.º)	Ramos com antecipadas (n.º)	Crescimento ramos sem antecipadas (cm)	Crescimento em antecipadas (cm)	Ângulo inserção (º)
N0	289 c	17,8 ab	0,3 c	277 b	4 c	60,3 b
N1	658 b	21,8 a	1,1 b	549 a	57 b	65,8 ab
N2	716 a	21,8 a	1,3 b	582 a	68 b	67,9 a
N3	610 b	14,7 b	6,9 a	184 c	227 a	70,0 a
$\chi_{(3)}^2$	30,72	13,61	31,90	35,24	28,02	$F_{[3,42]}=6,50$
p	0,000	0,003	0,000	0,000	0,000	0,001
Sig	***	**	***	***	***	**

Nota: letras diferentes, em cada coluna, indicam diferenças significativas, para $\alpha < 0,05$, segundo teste de Tukey ou teste não paramétrico de Mann-Whitney, com $p < 0,05$ (*), $p < 0,01$ (**) e $p < 0,001$ (***).

No final do primeiro ano do ensaio em vasos (2003), era notória a diferença de desenvolvimento vegetativo entre as plantas das diferentes modalidades (Quadro 6.26). As plantas N0 apresentaram um crescimento total reduzido devido essencialmente ao menor crescimento de cada ramo, sem que se observassem diferenças significativas no número total de ramos emitidos, relativamente às plantas N1 e N2.

As plantas N2 foram as que apresentaram o crescimento total mais elevado, diferindo significativamente das plantas N1 e N3, que não diferiram entre si.

As plantas N3 apresentaram o número mais baixo de ramos, sendo o elevado crescimento total resultante do desenvolvimento de antecipadas.

O desenvolvimento vegetativo das plantas N1 e N2 resulta essencialmente do crescimento de ramos sem antecipadas.

O ângulo de inserção dos lançamentos foi crescente de N0 para N3, dando origem a uma configuração espacial das plantas bastante distinta (pág. 145).

Em 2005, o primeiro ano do segundo ensaio, as plantas apresentaram um desenvolvimento vegetativo muito semelhante ao observado em 2003 (Quadro 6.27).

Quadro 6.27. Desenvolvimento vegetativo em 2005.

	Total crescimento (cm)	Total ramos (n.º)	Ramos com antecipadas (n.º)	Crescimento ramos sem antecipadas (cm)	Crescimento em antecipadas (cm)	Ângulo inserção (º)
N0	350 c	16,9 a	0,1 c	342 bc	2 c	55,9 c
N1	714 b	18,6 a	1,8 b	546 ab	67 b	59,9 bc
N2	908 ab	21,2 a	3,1 b	568 a	154 b	62,9 ab
N3	1158 a	19,0 a	7,7 a	336 c	399 a	66,2 a
F _[3,42]	19,13	1,28	$\chi_{(3)}^2=30,55$	6,19	$\chi_{(3)}^2=28,45$	16,45
p	0,000	0,294	0,000	0,001	0,000	0,001
Sig	***	ns	***	**	***	**

Nota: letras diferentes, em cada coluna, indicam diferenças significativas, para $\alpha < 0,05$, segundo teste de Tuckey ou teste não paramétrico de Mann-Whitney, com $p < 0,05$ (*), $p < 0,01$ (**) e $p < 0,001$ (***)

Em 2005 as plantas N0 foram as que apresentaram menor crescimento total, diferindo significativamente das restantes modalidades. Contudo, não se observaram diferenças significativas entre as plantas N0 e as restantes modalidades, no número total de ramos.

As plantas N3 apresentaram o crescimento total mais elevado (1158 cm) embora sem diferenças significativas relativamente a N2. O crescimento total resultou do elevado número de antecipadas, verificando-se que 40% dos ramos apresentavam antecipadas.

Nas plantas N1 e N2 o crescimento total resulta essencialmente do desenvolvimento de ramos sem antecipadas, verificando-se que, respectivamente, apenas

9% e 14% dos ramos se apresentaram com antecipadas, não se observando diferenças significativas entre as plantas N1 e N2, para qualquer dos parâmetros analisados.

O ângulo de inserção dos ramos foi crescente de N0 para N3, à semelhança do observado em 2003, resultando em diferente arquitetura da planta (pág. 145).

Em 2006, de um modo global, o crescimento total das plantas foi superior ao observado, quer em 2003 quer em 2005 (Quadro 6.28). Devido à ausência de poda, o crescimento resultou do desenvolvimento de um elevado número de ramos de baixas dimensões, sem se observarem ramos com antecipadas. A dimensão média dos ramos foi de 6 cm nas plantas N1 e de 13 cm nas plantas N2, valor muito inferior ao observado nos ciclos anteriores em que a dimensão média dos ramos sem antecipadas se situou na ordem de 30 cm.

Quadro 6.28. Desenvolvimento vegetativo em 2006.

	Total crescimento (cm)	Total ramos (n.º)	Ramos com antecipadas (n.º)	Crescimento ramos sem antecipadas (cm)	Crescimento em antecipadas (cm)
N0	487 c	29 b	0,3	451 c	12
N1	951 b	157 a	0,1	915 b	17
N2	1337 a	102 a	1	1226 a	50
N3 ^(a)	–	–	–	–	–
$F_{[3,32]}$	25,79	$\chi_{(3)}^2=19,27$	$\chi_{(3)}^2=0,688$	21,28	0,690
P	0,000	0,000	0,709	0,000	0,508
Sig.	***	***	ns	***	ns

Nota: letras diferentes, em cada coluna, indicam diferenças significativas, para $\alpha < 0,05$, segundo teste de Tukey ou teste não paramétrico de Mann-Whitney, com $p < 0,05$ (*), $p < 0,01$ (**) e $p < 0,001$ (***).

^(a) As plantas N3 morreram devido a um forte ataque de escolitídeos.

As plantas N0 foram as que apresentaram menor crescimento total, seguidas de N1 e N2, observando-se diferenças significativas entre as três modalidades.

A análise global dos resultados (Quadros 6.26 a 6.28) permite verificar que há diferenças significativas entre as modalidades, no crescimento total da planta e ainda no tipo de crescimento da planta. O método de regressão linear simples permitiu definir o azoto como elemento determinante no crescimento total das plantas, contribuindo este elemento para explicar 64% da variação observada (Fig. 6.24-A).

O papel do azoto no desenvolvimento vegetativo das plantas é referido por diversos autores (Marschner, 1995; Jones *et al.*, 1991), tendo Almaliotis *et al.* (1997), em pessegueiro da mesma cv. Springcrest, obtido um coeficiente de determinação de 0,58 entre o teor foliar de azoto e o crescimento total, valor na mesma ordem de grandeza do obtido neste ensaio.

Para além do azoto, embora com menor peso, o enxofre também contribui significativamente para o crescimento total (Fig. 6.24-B) verificando-se uma relação linear positiva entre o teor de enxofre e o crescimento total. Com efeito, Marschner (1995) refere que as plantas com deficiência de enxofre reduzem o crescimento e a área foliar, parecendo haver um efeito conjugado entre o azoto e o enxofre, na redução do crescimento.

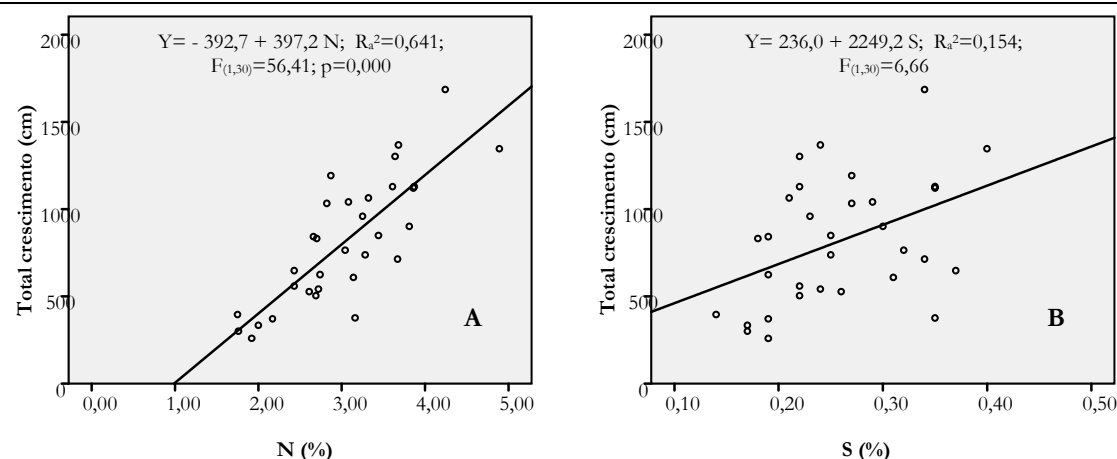


Figura 6.24. Modelos de regressão linear simples entre crescimento total e teor foliar de azoto (A) e entre crescimento total e teor foliar de enxofre (B).

Para além de diferenças ao nível do crescimento total verifica-se que, na modalidade N3, mais de 30% desse crescimento se deve ao desenvolvimento de antecipadas, com 40% a 47% dos ramos a possuírem antecipadas. Paralelamente ao desenvolvimento de antecipadas, verifica-se ainda que as plantas apresentam um ângulo de inserção dos ramos progressivamente mais elevado, o que origina o desenvolvimento de um porte gradativamente mais prostrado, de N0 para N3 (Fig. 6.25).

Este comportamento das plantas pode estar relacionado com o desenvolvimento das antecipadas, que originam uma posição mais aberta dos ramos na procura de luz, uma vez que há maior densidade de ramos. No entanto também pode advir de causas nutricionais, nomeadamente pelo teor crescente de manganês, pois, segundo Kang and Fox (1980), o excesso de manganês provoca a perda de dominância

apical favorecendo o desenvolvimento dos gomos axilares. Médiène *et al.* (2002), no entanto, referem que o desenvolvimento de ramos laterais é consequência directa da disponibilidade de azoto, quer externa quer interna, influenciando a arquitectura da planta.



Figura 6.25. Porte das plantas N0, N1, N2 e N3.

O desenvolvimento diferenciado das plantas tem implicações no tipo de ramos disponíveis no ciclo seguinte, quando se vai efectuar a poda das plantas, uma vez que os ramos mais favoráveis para a produção de frutos de qualidade são os ramos longos mas sem antecipadas (Fournier *et al.*, 1998). Um ramo sem antecipadas relativamente a um ramo com antecipadas (para igual comprimento) apresenta maior número de gomos florais no ramo principal e por conseguinte há maior capacidade produtiva ao longo do ramo. No ramo com antecipadas, apesar de apresentar maior número de gomos florais por unidade de comprimento do ramo, os gomos florais localizam-se principalmente nas antecipadas (Fournier *et al.*, 1998) que, sendo ramos mais delgados, apresentam menor resistência à carga dos frutos, comparativamente a ramos sem antecipadas.

Nas plantas N3 a mais elevada ramificação e o porte mais prostrado não favorecem tanto a entrada de luz no interior da copa. Fallahi *et al.* (2001), trabalhando com macieira, referem que a taxa fotossintética líquida foi menor nas plantas sujeitas a ausência de fertilização azotada, mas não aumentou nas modalidades de fertilização azotada elevadas ($167,8 \text{ g N/planta}^{-1}\text{ano}^{-1}$ a $303 \text{ g N/planta}^{-1}\text{ano}^{-1}$), relativamente à modalidade de fertilização azotada mais baixa ($99,8 \text{ g N/planta}^{-1}\text{ano}^{-1}$), provavelmente devido à menor exposição solar.

Para além do crescimento da planta a fertilização azotada influenciou significativamente a área foliar média por folha (Quadro 6.29).

Em todos os ciclos avaliados as plantas N1 e N2 apresentaram consistentemente as folhas de maiores dimensões (Fig. 6.26) e as folhas das plantas N3 foram sempre significativamente inferiores às folhas de N2 e de N1.

Quadro 6.29. Área foliar média por folha (cm²).

Modalidade	2003	2005	2006
N0	16,8 c	30,8 b	33,9 b
N1	24,3 a	41,2 a	37,9 a
N2	23,5 a	39,5 a	35,9 ab
N3	21,5 b	32,7 b	30,9 c
Média	21,6	36,1	34,8
F	$F_{[3,450]}=70,00$	$F_{[3,388]}=32,50$	$F_{[3,468]}=18,24$
p	0,000	0,000	0,000
Sig.	***	***	***

Nota: letras diferentes, em cada coluna, indicam diferenças significativas, para $\alpha < 0,05$, segundo teste de Tukey ou teste não paramétrico de Mann-Whitney, com $p < 0,05$ (*), $p < 0,01$ (**) e $p < 0,001$ (***).

As folhas das plantas N3 apresentaram uma área superior às das plantas N0, em 2003, área semelhante a N0 em 2005, e área inferior a N0, em 2006.



Figura 6.26. Dimensão média das folhas nas diferentes modalidades, em 2006.

Heuvel e Davenport (2006), em mirtilo (*Vaccinium macrocarpon* Ait.), também observaram folhas com menor área na modalidade de fertilização azotada mais elevada. Neilsen *et al.* (2001), em macieira, referem uma diminuição do tamanho da folha com o aumento do número de frutos, o que está de acordo com os resultados obtidos em 2006, considerando apenas as plantas N1, N2 e N3, que apresentam número de frutos crescente e área foliar decrescente. A menor dimensão das folhas das plantas N0 está de acordo com o referido por Baldi *et al.* (2006), num ensaio de pessegueiros com diferentes tipos de fertilização, no qual as plantas correspondentes à modalidade sem fertilização apresentaram folhas com peso significativamente mais baixo, e com Raese e Staiff (1989) que referem menor dimensão das folhas de pereira da modalidade fertilizada com dose baixa de azoto, relativamente às restantes modalidades.

A menor dimensão média de cada folha não corresponde necessariamente a menor área foliar por planta, uma vez que este parâmetro depende do número total de folhas. No Quadro 6.30 apresenta-se um cálculo da área foliar média por planta, com base no crescimento total de cada planta e na área média de cada folha, considerando uma distância média dos entre-nós de 3 cm (valor médio observado no Evasos).

Quadro 6.30. Área foliar por planta (cm²).

Modalidade	2003	2005	2006
N0	1 618 c	3 954 b	5 566 b
N1	5 340 a	10 067 a	12 009 a
N2	5 592 a	13 090 a	16 384 a
N3	4 433 b	12 871 a	–
F	$\chi_{[3,44]}=31,03$	$\chi_{[3,40]}=21,73$	$\chi_{[2,32]}=19,89$
p	0,000	0,000	0,000
Sig.	***	***	***

Nota: Os valores apresentados foram calculados com base no crescimento total (cm) e considerando um comprimento médio dos entre-nós de 3 cm. Letras diferentes, em cada coluna, indicam diferenças significativas, para $\alpha < 0,05$, segundo teste de Tukey ou teste não paramétrico de Mann-Whitney, com $p < 0,05$ (*), $p < 0,01$ (**) e $p < 0,001$ (***).

Em 2003, as plantas N1 e N2 apresentaram áreas foliares semelhantes, mas diferindo significativamente de N3 e de N0. As plantas N0 apresentaram uma área foliar por planta significativamente mais baixa do que qualquer das restantes modalidades, uma vez que as folhas tinham menor superfície, e também as plantas apresentaram o menor crescimento total.

As plantas N3 apresentaram uma área foliar por planta inferior à das plantas N1 e N2 em 2003, mas estatisticamente semelhante, em 2005.

As plantas N1 apresentaram, em todos os ciclos, menor área foliar que as plantas N2 embora não se verifiquem diferenças significativas entre estas duas modalidades para qualquer dos ciclos considerados.

As plantas N0, com a menor área foliar por planta, apresentaram uma baixa capacidade de intercepção da luz solar. As plantas N3 poderão apresentar menor capacidade de intercepção da luz solar total, relativamente a N2, uma vez que não só podem apresentar uma área foliar total mais baixa (ciclo 2003) como, se ainda associarmos a disposição mais prostrada das plantas N3, será possível inferir menor capacidade de penetração da luz e conseqüentemente uma menor intercepção da radiação. Estes resultados, no entanto, não encontraram correspondência nos resultados do ensaio de campo uma vez que, neste ensaio, a área média de cada folha foi semelhante entre as modalidades e, embora com base apenas na observação visual, as plantas N3 apresentaram maior volume de vegetação (ponto 7.3.5).

Em 2005 as folhas das plantas N3 apresentavam-se bastante enroladas sobre si próprias, contrariamente à morfologia das folhas das N0 e N1. A avaliação do enrolamento da folha através da razão entre o comprimento da folha (c) e a distância do ápice ao pecíolo (d), tal como referido no ponto 6.2.10, permitiu verificar a existência de diferenças significativas entre as modalidades, não só no enrolamento das folhas como no comprimento médio das folhas (Quadro 6.31).

Quadro 6.31. Comprimento médio e enrolamento da folha, em Agosto de 2005.

Modalidade	Comprimento da folha (c) (cm)	Enrolamento da folha (c/d)
N0	12,4 b	1,22 c
N1	15,9 a	1,38 bc
N2	15,1 a	1,50 ab
N3	14,4 a	1,60 a
F _[3,12]	15,726	10,957
p	0,000	0,001
Sig.	***	**

Nota: letras diferentes, em cada coluna, indicam diferenças significativas, para $\alpha < 0,05$, segundo teste de Tukey, com $p < 0,05$ (*), $p < 0,01$ (**) e $p < 0,001$ (***).

As plantas N0, em 2005, apresentavam as folhas muito distendidas, sendo a razão c/d de 1,22, enquanto as plantas N3 apresentaram uma razão c/d de 1,60. As plantas N1 e N2 apresentaram folhas com uma razão c/d intermédia, entre N0 e N3, não se observando diferenças significativas entre N0 e N1, entre N1 e N2, e entre N2 e N3.

O enrolamento das folhas é uma característica que condiciona a área foliar exposta à radiação solar (Salaya, 1997). Quanto maior o enrolamento da folha, menor a exposição, uma vez que parte da folha fica na sombra gerada pela parte exposta, condicionando desse modo a captação de luz.

A análise de regressão linear permitiu verificar uma forte associação entre o enrolamento da folha e o teor de azoto foliar (Fig. 6.27) e também uma relação altamente significativa entre o enrolamento foliar e a razão N/K ($Y = 0,982 + 0,347 X$; $R_a^2=0,678$; $F_{(1,14)}=32,567$; $p=0,000$).

Segundo Kang e Fox (1980), a toxicidade de manganês pode, em dicotiledóneas, dar origem a folhas enrugadas. No entanto, a relação obtida entre o enrolamento da folha e o teor de manganês, apesar de significativa, não apresentou um coeficiente de determinação elevado ($Y=1,273 +0,01 X$; $R_a^2=0,299$; $F_{(1,14)}=7,412$; $p= 0,017$).

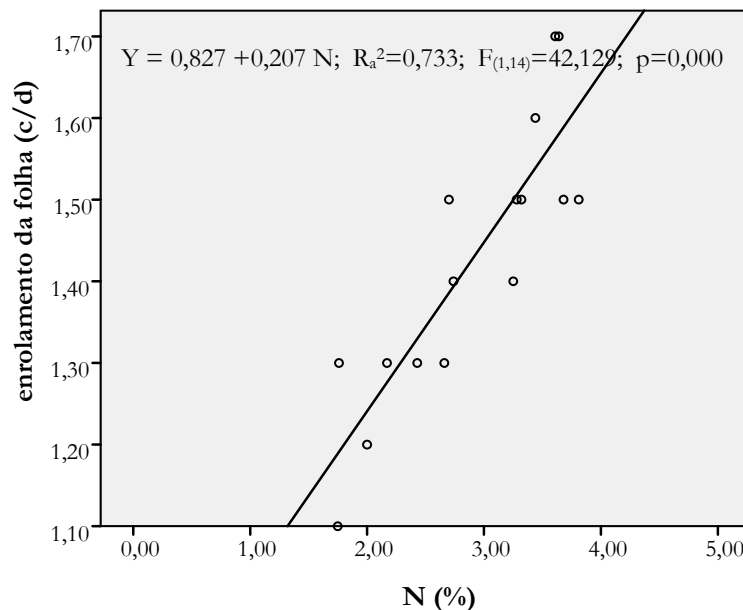


Figura 6.27. Enrolamento da folha em função do teor de azoto, no ensaio em vasos, em 2005.

Em termos globais, no que respeita ao desenvolvimento vegetativo, as plantas N1 apresentam ramos erectos, folhas grandes e distendidas, permitindo boa captação da energia solar e boa exposição aos tratamentos fitossanitários. Por outro lado, em termos mecânicos, o porte erecto dos ramos permite um bom suporte do peso dos frutos.

Em termos de desenvolvimento vegetativo, apesar do crescimento total das plantas N3 ser mais elevado, elas não apresentaram maior área foliar por planta. O porte da planta não facilita a entrada de luz e os ramos não se apresentam com tanta resistência ao peso dos frutos, pelo maior ângulo que fazem com a vertical.

6.3.7. Estados fenológicos no ensaio em vasos

O período de floração de uma espécie frutícola é, em conjunto com a colheita, um período decisivo para o rendimento final.

O pessegueiro, sendo uma espécie de floração temporã, com a maioria das cultivares a florir durante o mês de Março, apresenta-se particularmente vulnerável uma vez que, durante este período, a probabilidade de ocorrência de geada é ainda bastante elevada.

Neste ensaio verificou-se uma forte influência da fertilização azotada na fenologia, com as modalidades de fertilização azotada elevada a apresentarem uma floração mais temporã, e observando-se um escalonamento do período de floração, da modalidade N3 para N0 (Figs. 6.28 e 6.29).

A análise da Figura 6.28 permite verificar que, em 2007, a modalidade N3 se apresentava em plena floração (75% dos gomos florais no estado fenológico F) no dia 3 de Março (Fig. 6.28-B). Na mesma data, o estado fenológico dominante nas plantas N2 era o estado fenológico D (50% dos gomos florais no estado fenológico D), e nas plantas N1 o estado fenológico C (68% dos gomos florais no estado fenológico C), enquanto que, nas plantas N0 cerca de 50% dos gomos se encontravam no estado fenológico B e 40% em C.

6. Avaliação da influência de diferentes níveis de fertilização azotada na susceptibilidade de pessegueiros a *Phomopsis amygdali* – ensaio em vasos

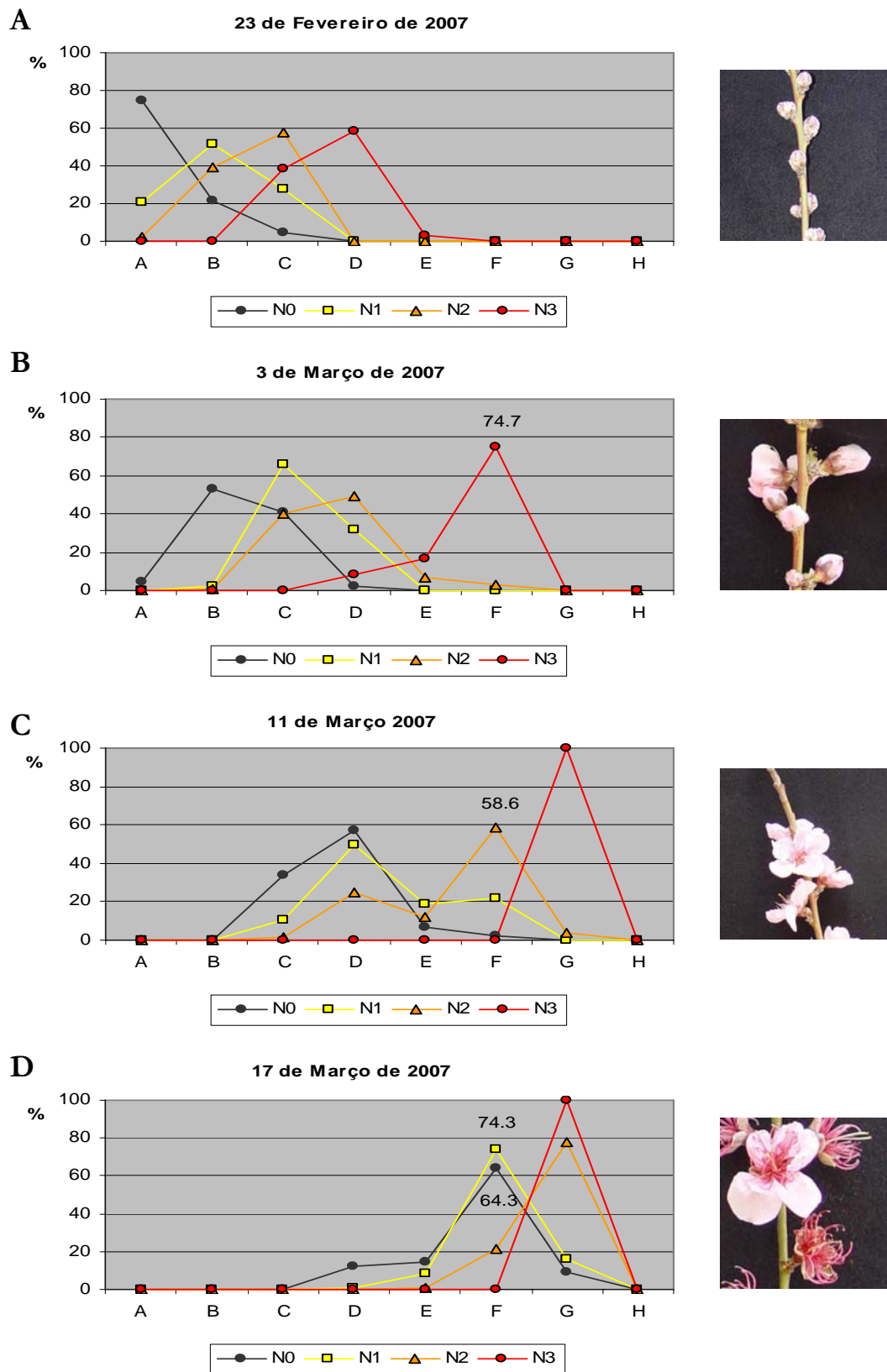


Figura 6.28. Evolução dos estados fenológicos no ensaio em vasos, no ciclo de 2007. Os valores assinalados correspondem à maior proporção de gomos no estado fenológico F para cada modalidade. As imagens (à direita) ilustram os estados fenológicos dominantes no ensaio, em cada data.

No ciclo de 2007 a floração das plantas N2 ocorreu no dia 11 de Março (Fig.6.28-C), sensivelmente uma semana após a plena floração das plantas N3. Neste dia, as plantas N3 apresentavam 100% dos gomos no estado fenológico G e nas plantas N0 e N1 cerca de 60% dos gomos estavam no estado fenológico D.

A plena floração das modalidades N0 e N1 ocorreu no dia 17 de Março, registando-se, nesta data, respectivamente 74% e 64% dos gomos florais no estado fenológico F (Fig. 6.28-D).



Figura 6.29. Comparação do desenvolvimento dos gomos florais nas diferentes modalidades no ensaio em vasos. A – Desenvolvimento dos gomos florais; B – Desenvolvimento dos gomos foliares.

A antecipação da floração pode não ser induzida directamente pelo azoto mas pelo desequilíbrio que a fertilização diferencial provoca no teor de boro. Segundo Rufat e Arbonés (2006), valores mais elevados de boro, resultantes de aplicações foliares de boro quer no Outono quer na Primavera, atrasam a floração em amendoeiras, o que está de acordo com os resultados alcançados neste ensaio em que o teor de boro é decrescente de N0 para N3 (Quadro 6.9).

Nos pomares de grandes dimensões torna-se particularmente interessante poder induzir, na mesma cultivar, diferentes épocas de floração, com consequentes diferenças na época de colheita. Por outro lado, diferentes épocas de floração podem corresponder a diferentes taxas de vingamento, caso se verifique a ocorrência de geada durante algum dos períodos, o que apresentaria óbvias vantagens.

De um modo um pouco empírico os fruticultores tiram partido do conhecimento da influência da fertilização azotada no adiantamento da floração, mas essa técnica apresenta consequências ao nível da poluição do solo pelo azoto. Seria de todo o interesse esclarecer a influência do boro sobre a época de floração na medida em que se poderia evitar a aplicação de doses excessivas de azoto, que, para além dos efeitos nefastos em termos ambientais, originam um desequilíbrio nutricional pouco favorável, quer em termos de produção, quer ao nível do desenvolvimento vegetativo e qualidade dos frutos.

6.3.8. Produção e qualidade dos frutos

Apesar de se ter efectuado uma avaliação de quatro ciclos vegetativos, com o ensaio em vasos, as plantas apenas se apresentam em condições de produção no segundo ciclo vegetativo de cada ensaio (Fig. 6.6), pelo que os resultados referentes à produção de frutos dizem respeito apenas a dois ciclos – 2004 (1.^a repetição) e 2006 (2.^a repetição).

Em plantas envasadas a produção está muito condicionada e raramente se consegue fazer a correspondência entre a planta envasada e a planta no campo, sendo no entanto possível a comparação entre modalidades.

Em 2004 a produção variou entre 13 gplanta⁻¹ e 823 gplanta⁻¹ (Quadro 6.32) e, em 2006, a produção variou entre 318 gplanta⁻¹ e 1538 gplanta⁻¹ (Quadro 6.33).

Quadro 6.32. Produção em 2004, no ensaio em vasos.

Modalidade	Produção (gplanta ⁻¹)	Nº. frutos (nº frutos.planta ⁻¹)	Peso médio (g.fruto ⁻¹)
N0	13,4 c	0,2 c	73,6 a
N1	234,9 b	3,6 b	65,7 b
N2	822,5 a	9,5 a	98,3 a
N3	354,9 ab	3,4 b	99,3 a
Média	356,5	4,2	85,4
F	$\chi^2=28,16$	$\chi^2=21,99$	$\chi^2=12,03$
P	0,000	0,000	0,007
Sig.	***	***	**

Nota: letras diferentes, em cada coluna, indicam diferenças significativas, para $\alpha < 0,05$, segundo teste de Tukey ou teste não paramétrico de Mann-Whitney, com $p < 0,05$ (*), $p < 0,01$ (**) e $p < 0,001$ (***).

Em 2004 as plantas N0 apresentaram um número de frutos por planta muito reduzido não atingindo, em termos médios, um fruto por planta, o que corresponde a

13 gplanta⁻¹. As plantas N2 apresentaram o número de frutos por planta mais elevado, diferindo significativamente das restantes modalidades, mas, em termos de produção total, não se verificam diferenças significativas para N3. Apesar da produção mais elevada o peso médio por fruto é semelhante a N3 e N0.

As plantas N1 apresentaram uma média de 3,6 frutos/planta⁻¹, valor muito semelhante ao das plantas N3, mas o peso médio de cada fruto foi significativamente mais baixo.

Em 2006, as plantas apresentaram um número de frutos mais elevado, em relação a 2003, correspondente também a produções mais elevadas (Quadro 6.33).

Quadro 6.33. Produção em 2006, no ensaio em vasos.

Modalidade	Produção (gplanta ⁻¹)	Nº. frutos (nº frutos/planta ⁻¹)	Peso médio (gfruto ⁻¹)
N0	318,1 b	4,8 b	67,7 ab
N1	555,8 b	6,8 b	83,3 a
N2	1537,7 a	21,6 a	79,4 a
N3	1263,5 a	25,1 a	54,8 b
Média	881,2	13,7	72,8
F	$\chi^2=14,00$	$\chi^2=14,21$	$F_{[3,32]}=5,336$
P	0,003	0,003	0,004
Sig.	**	**	**

Nota: letras diferentes, em cada coluna, indicam diferenças significativas, para $\alpha < 0,05$, segundo teste não paramétrico de Mann-Whitney, com $p < 0,05$ (*), $p < 0,01$ (**) e $p < 0,001$ (***)

Em termos de produção total observaram-se dois grupos homogêneos, as modalidades N0 e N1, com um número pequeno de frutos (5 a 7 frutos/planta⁻¹) e produções baixas, entre 300 gplanta⁻¹ e 550 gplanta⁻¹, e as plantas N2 e N3 com um número médio de frutos superior a 20 e produções superiores a 1200 gplanta⁻¹. Neste ciclo o calibre dos frutos das plantas N3 foi semelhante ao das plantas N0.

A produção, neste ensaio em vasos, não apresentou uma relação com coeficiente de determinação superior a 0,50, com nenhum dos nutrientes analisados (Quadro 6.34).

Do conjunto dos nutrientes analisados a produção apresenta uma relação positiva com o azoto, magnésio, ferro, manganês e zinco, sendo os coeficientes de determinação mais elevados com o azoto e o zinco, tendo uma relação inversa com o fósforo e o boro.

Quadro 6.34. Produção (gplanta⁻¹) vs nutrição, no ensaio em vasos (ciclos de 2004 e de 2006).

	Equações	R_a²	F_[1,30]	p
N	Y = 2,26 (ns) + 251,1*** X	0,341	17,01	0,000
P	Y = 1709,6 ** – 3590,4* X	0,147	6,33	0,017
Mg	Y = – 818,2 (ns) + 4072,3* X	0,129	5,59	0,025
Fe	Y = – 324,5 (ns) + 12,0* X	0,118	5,15	0,031
Mn	Y = 88,7 (ns) + 3,4** X	0,310	14,96	0,001
Zn	Y = – 476,8 (ns) + 24,7 *** X	0,344	17,23	0,000
B	Y = 1820,4** – 15,8 * X	0,240	F _[1,14] =5,747	0,031

Modelo de regressão linear simples; ***=p≤0,000; **=p≤0,01; *=p≤0,05;

A fertilização azotada diferencial induziu a desequilíbrios no estado de nutrição, tendo-se verificado que o teor de zinco variou no sentido das modalidades de fertilização azotada, apresentando as plantas N0 teores baixos de zinco, pelo que a relação entre a produção e o teor de zinco é semelhante à obtida entre a produção e o teor de azoto. A situação inversa verifica-se para o fósforo. Com efeito, a fertilização azotada diferencial induziu a desequilíbrios no teor de fósforo e boro, verificando-se que as plantas N0 apresentaram teores mais elevados destes nutrientes, relativamente às restantes modalidades, pelo que se obtém uma relação inversa entre a produção e os teores de fósforo e boro.

Para além do tamanho dos frutos, a fertilização azotada diferencial apresentou uma influência significativa na cor dos frutos, em 2004 (Quadro 6.35).

Quadro 6.35. Qualidade dos frutos em 2004, no ensaio em vasos.

Modal.	Dureza (kg0,5cm ⁻²)	IR (%)	L	a	b	C	H°
N0	1,9	14,6	52,1 ⁽¹⁾	25,2 ⁽¹⁾	34,5 ⁽¹⁾	42,7 ⁽¹⁾	53,9 ⁽¹⁾
N1	2,6	13,7	43,6 b	29,4	27,3 b	40,2 b	42,6 b
N2	3,1	14,0	48,3 a	29,5	32,8 a	44,1 a	48,1 a
N3	1,9	15,0	47,8 ab	29,1	32,7 a	44,7 a	48,6 a
Média	2,6	14,3	46,9	29,0	31,2	43,0	46,8
χ⁽³⁾²	F _[3,27] =0,96	F _[3,27] =1,71	9,98	F _[3,25] =1,71	12,03	12,02	8,40
p	0,427	0,187	0,002	0,538	0,007	0,002	0,038
Sig.	ns	ns	**	ns	**	**	*

⁽¹⁾-C* e H° só permitem comparação entre N1, N2 e N3 uma vez que só um fruto de N0 foi avaliado em termos de cor. Letras diferentes, em cada coluna, indicam diferenças significativas, para α<0,05, segundo teste de Tukey ou teste não paramétrico de Mann-Whitney, com p<0,05(*), p<0,01(**) e p<0,001(***)

A avaliação da qualidade dos frutos, para a modalidade N0, foi deficiente pois o número de frutos foi escasso. Em 2004 obtiveram-se apenas dois frutos, sendo um tão diminuto que inviabilizou a avaliação da dureza, IR e cor, pelo que os resultados referentes à modalidade N0 se basearam apenas num fruto.

Em 2004 a dureza dos frutos foi baixa, com uma média de $2,6 \text{ kg} \cdot 0,5 \text{ cm}^{-2}$ e um IR elevado (14,3%), não se observando diferenças significativas entre as modalidades, no que respeita a estes parâmetros. Contudo, verifica-se uma tendência para perda de dureza nos frutos N3, que, conjuntamente com N0, apresentaram os valores de dureza mais baixos. Uma diminuição da dureza dos frutos de N3 relativamente a N2 foi também observada no ensaio de campo (ponto 7.8.2) em 2005 e 2007, embora apenas em 2005 se verificassem diferenças significativas entre as duas modalidades referidas.

No que respeita à cor, em 2004, observaram-se diferenças significativas entre os frutos das plantas N1 e das plantas N2 e N3, apresentando, estas últimas modalidades, frutos com valores de coordenada “b”, croma (C) e ângulo métrico da tonalidade (H°) mais elevados relativamente a N1. A Figura 6.30 permite visualizar que o maior valor de b nos frutos das plantas N2 e N3 dá origem a valores de C significativamente mais elevados, assim como valores mais elevados de H° . Valores de H° próximos de 90° indicam frutos amarelos e valores de H° próximos de 1° indicam frutos vermelhos, pelo que podemos dizer que, neste ensaio e ciclo, doses baixas de azoto (N1) induziram a uma menor coloração amarela (Fig. 6.30), resultado próximo do referido por Fallahi *et al.* (2001), para maçã. Contudo, este comportamento da coloração dos frutos não apresentou consistência com os resultados alcançados em 2006, nem com os resultados alcançados no ensaio de campo.

Em 2006 também se observou um efeito significativo da fertilização azotada na cor dos frutos, reflectindo-se esse efeito em todos os parâmetros da cor analisados, observando-se no entanto que os frutos N3 foram os que apresentaram menores valores de H° (Quadro 6.36).

Em 2006, as plantas N3 apresentaram frutos com valores significativamente mais baixos de “L”, “b”, “C” e H° o que se traduz por frutos de uma coloração vermelha mais intensa (Fig. 6.30).

A coloração vermelha mais intensa dos frutos N3, em 2006, está em contradição com os resultados obtidos em 2004, em que os frutos N2 e N3 apresentavam um valor de b mais elevado relativamente a N1 (Fig. 6.30). Poder-se-á considerar a hipótese da

coloração dos frutos das plantas N3, em 2006, ter sido afectada pelo ataque de escolitídeos (ponto 6.3.8), cujos sintomas se começaram a manifestar próximo da colheita dos frutos, expondo os frutos à radiação, o que estaria de acordo com os resultados obtidos por Motisi *et al.* (2006) que referem uma relação directa entre a percentagem de coloração vermelha dos frutos da cv. Rich May e a sua exposição à radiação solar, obtendo-se frutos de coloração menos intensa nas plantas com maior arborescência.

Quadro 6.36. Qualidade dos frutos em 2006, no ensaio em vasos.

Mod.	Dureza (kg/0,5cm ²)	IR (%)	Acidez (g/fruto)	L	a	b	C	H°
N0	3,5 b	14,3	7,8 a	57,3 a	14,6 b	37,9 ab	41,0 a	69,0 a
N1	3,1 b	15,3	6,1 c	57,6 a	14,0 b	39,5 a	42,1 a	70,4 a
N2	4,8 ab	14,8	6,4 bc	52,2 b	18,2 ab	34,1 b	39,1 a	62,0 a
N3	5,9 a	14,3	7,4 ab	40,9 c	22,1 a	22,5 c	31,7 b	44,9 b
Média	4,3	14,7	6,9	52,2	17,2	33,8	38,6	61.6
F _[3,32]	7,895	1,535	7,393	33,640	7,220	30,666	27,852	18,445
p	0,000	0,224	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000
Sig.	***	ns	***	***	**	***	***	***

Nota: letras diferentes, em cada coluna, indicam diferenças significativas, para $\alpha < 0,05$, segundo teste de Tukey ou teste não paramétrico de Mann-Whitney, com $p < 0,05$ (*), $p < 0,01$ (**) e $p < 0,001$ (***)

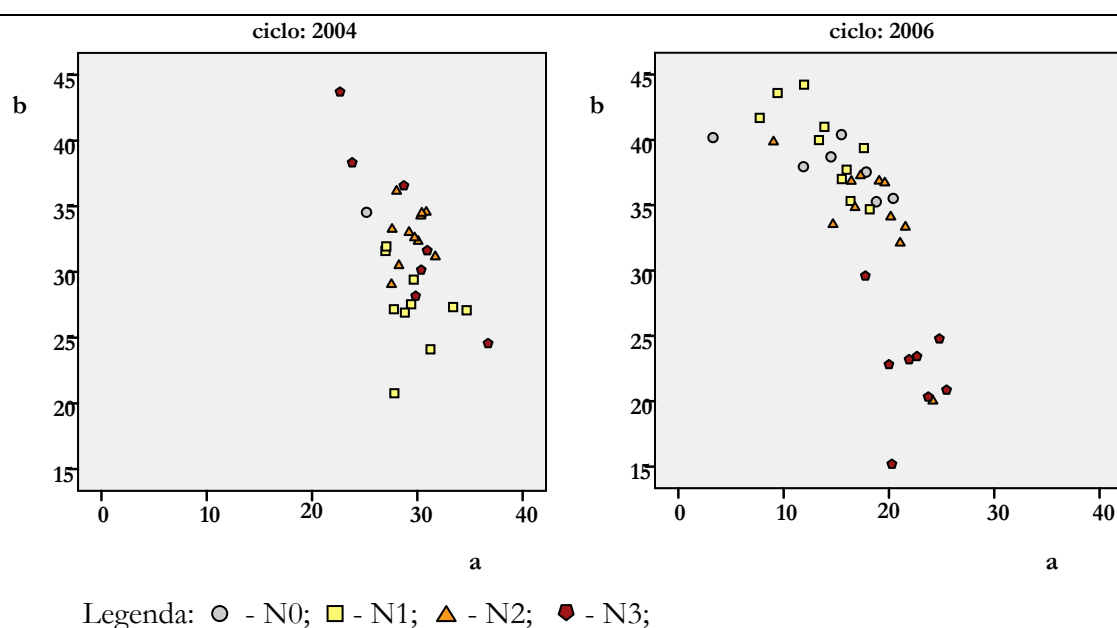


Figura 6.30. Representação gráfica da cor dos frutos, pelas coordenadas a e b, no ensaio em vasos, em 2004 e 2006.

Em 2006 não se observaram diferenças significativas em “a”, “C” e H^o, entre os frutos das plantas N0, N1 e N2. Os frutos das plantas N1 apresentam valores de “L”, “b” e “C” significativamente mais elevados que os frutos das plantas N3, o que indica frutos mais amarelos. Olienyk *et al.*(1997) referem uma influência da fertilização azotada em a e C de puré de pêssego, indicando que as modalidades de fertilização azotada mais baixa ou nula apresentaram valores menores de “a” e “C” ou seja frutos de menor intensidade de vermelho, o que está de acordo com os resultados alcançados neste trabalho, em 2006, em relação a “a”, mas em contradição no que se refere ao parâmetro “C”.

Para além da cor observaram-se diferenças significativas na dureza dos frutos, apresentando, as plantas N2 e N3, frutos com uma dureza mais elevada relativamente às plantas N0 e N1 (Quadro 6.36). A dureza mais elevada dos frutos N3, relativamente a N2 (embora não significativa), foi apenas observada, em 2006, no ensaio em vasos, podendo também a dureza dos frutos ter sido afectada pelas condições de stresse hídrico que o ataque de escolitídeos originou. Uma redução de dureza dos frutos das plantas N3 relativamente aos frutos das plantas N2 foi observada quer em 2004, no ensaio em vasos, quer em 2005 e 2007, no ensaio de campo.

A homogeneidade nos valores do índice refractométrico (IR) permite concluir que não se observou um efeito significativo da fertilização azotada no teor de açúcares dos frutos.

A acidez dos frutos (Quadro 6.36) apresentou valores crescentes de N1 para N3, observando-se diferenças significativas entre N1 e N3, mas N2 não difere nem de N1 nem de N3. Os frutos das plantas N0 apresentaram uma acidez mais elevada, não diferindo significativamente de N3. A acidez mais elevado dos frutos referentes a N0 está em dissonância com os resultados obtidos no ensaio de campo, em todos os ciclos, uma vez que os frutos das plantas N0 apresentaram-se sempre no grupo homogéneo de acidez mais baixa (ponto 7.8.2). Este resultado poderá advir da pequena representatividade da amostra referente a N0, uma vez que a acidez é determinada num lote de frutos e não de uma forma individualizada por fruto, como a dureza e o IR.

Com excepção do resultado referente a N0 em 2006, que tem pouco significado dado corresponder a poucos frutos, podemos dizer que a fertilização azotada induz a maior acidez dos frutos, resultado também obtido por Habib (2000), utilizando pessegueiros da cv. Fidélia.

Em 2006 os frutos das plantas N0 apresentaram frequentemente um defeito de forma, constituído por um sulco profundo no mesocarpo (Fig. 6.31-A). Frutos com uma deformação semelhante foram observados no ESAn (Fig. 6.31-B), embora sem expressão significativa como causa de refugo.



Figura 6.31. A – Frutos de diferentes modalidades do ensaio em vasos; B – Defeito de forma dos frutos da modalidade N0, no ensaio em vasos (Evasos) e ensaio de campo (ESAn).

6.4. Conclusões

A fertilização azotada diferencial permitiu a formação de grupos de plantas considerados distintos no que respeita ao seu estado de nutrição. Plantas sujeitas a fertilização azotada considerada excessiva (modalidade N3) apresentaram teores de azoto mais elevados, mas apenas num dos ciclos em estudo se observaram diferenças significativas no teor de azoto entre todas as modalidades experimentais.

O teor de azoto foliar apresentou uma elevada correlação positiva com o manganês (0,55), ferro (0,55), cobre (0,52), enxofre (0,50), magnésio (0,46) e zinco (0,30) e uma correlação negativa com o boro (-0,51), fósforo (-0,30) e potássio (-0,03). Assim, plantas fertilizadas com doses excessivas de azoto apresentaram teores foliares mais elevados de azoto, enxofre, zinco e manganês, e simultaneamente teores mais baixos de boro, fósforo e potássio. As plantas fertilizadas com dose baixa ou nula de azoto (modalidades N1 e N0) apresentaram teores foliares mais baixos de azoto e teores mais elevados de fósforo,

potássio e boro. As modalidades de fertilização intermédia apresentaram apenas diferenças significativas no teor de azoto, no ciclo de 2005.

A Análise de Componentes Principais permitiu identificar correlações positivas elevadas entre azoto, enxofre e manganês e correlações negativas entre azoto, potássio e boro.

A susceptibilidade a *P. amygdali* foi condicionada pelos factores climáticos temperatura e precipitação, bem como pela fertilização azotada. A análise de correspondências múltiplas permitiu verificar uma forte associação entre os cancros de maiores dimensões e os níveis mais elevados de precipitação ocorrida durante o período de infecção e desenvolvimento da doença (Novembro a Março). O trajecto da variável azoto foi muito semelhante ao trajecto da variável cancro, evidenciando o efeito do azoto no aumento da susceptibilidade a *P. amygdali*, em condições de elevada precipitação. A menor susceptibilidade ao cancro foi associada ao nível mais baixo de precipitação, não apresentando o teor de azoto foliar um efeito tão marcado em condições de baixa precipitação. O factor temperatura não apresentou uma associação tão elevada como a precipitação, com a susceptibilidade ao cancro.

A fertilização azotada influenciou a susceptibilidade a *P. amygdali*, verificou-se maior susceptibilidade quer das plantas sujeitas a fertilização azotada nula quer das plantas sujeitas a fertilização azotada excessiva.

Neste ensaio, apesar de não se observarem diferenças significativas entre modalidades na susceptibilidade a *Branchycaudus schwartzi*, verificando-se uma elevada correlação positiva entre o teor de azoto foliar e a incidência destes afídeos.

As plantas sujeitas a fertilização nula apresentaram menor susceptibilidade a *Anarsia lineatella*, o que poderá estar relacionado com o menor número de ramos novos formados nas plantas da modalidade N0, considerando as antecipadas, relativamente às restantes modalidades. A Análise de Componentes Principais indicou uma correlação negativa elevada entre a presença de *A. lineatella* e o teor de ferro (-0,46) e de fósforo (-0,32).

Em 2006 as plantas sujeitas a fertilização azotada excessiva foram muito atacadas por escolitídeos, resultando na morte de 80% das plantas, indicando que a alteração do estado de nutrição induzido pela excessiva disponibilidade de azoto foi perceptível à praga.

A fertilização diferencial influenciou o crescimento total das plantas, o tipo de ramificação e o ângulo de inserção dos ramos do qual resultou uma alteração no porte das plantas. Plantas sujeitas a fertilização azotada nula apresentaram menor crescimento total e

ramos sem antecipadas, não se observando diferenças ao nível do número de ramos por planta. O crescimento total apresentou uma relação linear significativa com o teor foliar de azoto e o teor de enxofre.

As plantas sujeitas a fertilização azotada excessiva apresentaram lançamentos muito ramificados, sendo mais de 50% do seu crescimento total resultante do desenvolvimento de antecipadas. O ângulo de inserção dos ramos apresentou uma relação linear positiva com o teor de azoto, resultando plantas com um porte mais erecto para níveis baixos de fertilização azotada e um porte mais prostrado para níveis elevados de fertilização azotada. A menor ramificação dos ramos, associada a um porte mais erecto, apresenta vantagens ao nível do suporte mecânico dos frutos e também uma melhor exposição à radiação solar.

A área foliar média por folha foi influenciada pela fertilização azotada, apresentando as modalidades de fertilização intermédia as folhas de maiores dimensões. As folhas das plantas N3 apresentaram consistentemente menores dimensões que as folhas das N2 e N1. Contudo, a menor área por folha não se traduziu em maior área foliar por planta em virtude do maior crescimento total correspondente às plantas N3.

A disponibilidade de azoto condicionou a fenologia, tendo a plena floração das plantas N0 e N1 ocorrido duas semanas após a plena floração das N3. O retardar da data de floração poderá estar relacionado com o teor de boro que é significativamente mais elevado nas plantas sujeitas a fertilização azotada nula ou baixa, como consequência da correlação negativa entre o teor de azoto e o teor de boro.

A produção foi também significativamente condicionada pela disponibilidade de azoto. As plantas N0 apresentaram uma produção irrisória e as N2 apresentaram a produção mais elevada, embora sem diferenças significativas relativamente a N3. A produção foi positivamente correlacionada com o teor de azoto, zinco e manganês, apresentando as modalidades de fertilização azotada um resultado claramente vantajoso.

A dureza dos frutos, a acidez e a coloração apresentaram diferenças significativas entre as modalidades. A coloração dos frutos da modalidade de fertilização azotada excessiva apresentou um comportamento muito distinto entre os dois ciclos, sugerindo que a coloração dos frutos tenha sido condicionada por outros factores que não a fertilização, nomeadamente a susceptibilidade a escolitídeos que condicionou a exposição solar. Os frutos das modalidades N0 e N1 apresentaram menor dureza relativamente a N2 e a N3, podendo este resultado estar condicionado pela diferença observada ao nível da produção.

A variabilidade observada ao nível dos parâmetros de qualidade dos frutos sugere que possa ter sido influenciada por outros factores, para além do estado de nutrição.

Em termos globais podemos referir que uma fertilização compreendida entre as correspondentes a N1 e N2 seria a mais vantajosa, desde que induzisse a um comportamento vegetativo próximo de N1, ou seja, porte mais erecto, predomínio de ramos sem antecipadas, que para além de suportarem melhor os frutos se tornam mais favoráveis à penetração da radiação no interior da copa, e, simultaneamente se aproximasse do comportamento de N2 em termos produtivos. Paralelamente em termos de susceptibilidade quer ao cancro quer a escolitídeos uma aproximação à resposta de N1 apresenta-se como vantajosa.

7. Avaliação da susceptibilidade a *Phomopsis amygdali*, de pessegueiros sujeitos a diferentes níveis de fertilização azotada, num pomar em produção – ensaio de campo

7.1. Introdução

A cultura do pessegueiro na região da Beira Interior, considerando o conjunto das culturas de frutos frescos, apresenta-se bastante promissora devido às condições de elevada insolação e solos bem drenados, factores fortemente positivos uma vez que o pessegueiro é uma espécie heliófila (Ferreira, 1988; Strand, 1999) e muito sensível a problemas de anoxia (Gautier, 1988; Strand, 1999; Lampreia, 2001). Para além disso os agricultores possuem conhecimentos sobre as técnicas de fruticultura, dos quais resulta uma capacidade técnica acrescida, com reflexos positivos no potencial produtivo regional.

A evolução dos sistemas de produção, nomeadamente a adopção da produção integrada, com a consequente aplicação da protecção integrada, pôs em evidência a necessidade de um conhecimento mais profundo sobre a interacção das diversas práticas agrícolas, considerando as condições particulares de cada região. A fertilização, sendo uma prática pouco dispendiosa, no conjunto total das práticas agrícolas aplicadas numa cultura frutícola, é muitas vezes realizada de um modo menos racional. O azoto, nutriente de que as plantas necessitam em maior quantidade, influencia o vigor e a produção (Marschner, 1995), mas o seu efeito sobre a susceptibilidade a doenças é variável (Huber e Thompson, 2007).

A rentabilidade económica de uma cultura depende, em primeira análise, da sua produção e da qualidade da produção, estando qualquer destes parâmetros dependentes da intensidade das doenças e pragas às quais é susceptível. A avaliação da influência de qualquer técnica cultural sobre a susceptibilidade a um parasita constituiu-se como um vector da produção final da cultura, devendo ser considerado de um modo conjunto, nas práticas culturais.

Com esta linha de trabalho pretende-se avaliar a susceptibilidade de pessegueiros sujeitos a diferentes níveis de fertilização azotada, a *Phomopsis amygdali*, avaliando conjuntamente a influência da fertilização na produção e na qualidade dos frutos, uma vez que estes dois aspectos contribuem para a rentabilidade da cultura.

7.2. Material e metodologia

O ensaio de fertilização azotada em pessegueiros, no qual se baseou este estudo, abreviadamente designado por ESAn, localizou-se no pomar de pessegueiros da Escola Superior Agrária de Castelo Branco (Anexo 2 – Fig. A4).

7.2.1. Pomar de pessegueiros da Escola Superior Agrária de Castelo Branco

O pomar de pessegueiros da ESA foi instalado em Abril de 2001, decorrendo o ensaio ESAn no quinto, sexto e sétimo ciclos vegetativos das plantas. O compasso do pomar é de 3,5 m x 4,5 m, e as plantas estão conduzidas em vaso.

O pomar compreende cinco modalidades distintas, no que respeita à cultivar e porta-enxerto utilizado, estando o ESAn instalado na modalidade Rich Lady-Montclar (Anexo 2 – Fig. A5).

O solo é de textura ligeira, com teor de matéria orgânica 0,8% a 1,2% na camada 0-20 cm e 0,5% a 1% na camada 20-50 cm. O pH varia entre 6 e 6,8. O solo apresenta, ainda, teores de fósforo e de potássio assimiláveis superiores a 200 mg·kg⁻¹ na camada 0-20 cm e entre 100 e 200 mg·kg⁻¹ na camada 20-50 cm (Simões, 2001).

Utiliza-se o sistema de rega gota-a-gota, com gotejadores com um débito de 4 lh⁻¹, calculando-se a aplicação de 2500 m³·ha⁻¹ em 2005, 3800 m³·ha⁻¹ em 2006 e 3500 m³·ha⁻¹, em 2007.

A protecção fitossanitária foi realizada segundo as normas da protecção integrada.

7.2.2. Delineamento do ensaio de fertilização azotada

O ensaio de campo teve início em Janeiro de 2005, e foi instalado na modalidade Rich Lady enxertada em Montclar, sendo constituído por três blocos com quatro modalidades experimentais de fertilização azotada: N0 – sem adubação, N1 – 50 kg N·ha⁻¹, N2 – 100 kg N·ha⁻¹ e N3 – 200 kg N·ha⁻¹. Cada modalidade experimental foi constituída por quatro árvores, sendo duas árvores úteis e duas de bordadura, num total de 48 árvores (Anexo 2 – Fig. A5). Na definição dos blocos procurou-se que todas as árvores do mesmo bloco se dispusessem sobre a mesma linha de plantas do pomar, uma vez que poderiam ocorrer práticas culturais diferenciadas no tempo, em linhas de plantas distintas.

As plantas foram identificadas com um número e cada modalidade foi identificada com uma cor, para maior facilidade de trabalho de campo.

A aplicação do azoto foi realizada quinzenalmente, dissolvendo-se a quantidade de adubo em 5 l de água, sendo a solução aplicada na zona dos gotejadores mais próximos do tronco de cada planta. Para tal, utilizou-se um adubo nitroamoniaco 20,5%, aplicando-se 80% da fertilização preconizada até cerca de um mês antes da colheita (Quadro 7.1).

Quadro 7.1. Repartição da fertilização ao longo do ciclo.

	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro
Percentagem da fertilização total	13	13	27	27	7	7	6

Antes do início da fertilização diferencial foi realizada a avaliação da fertilidade do solo, através da colheita de amostras de terra, por cada modalidade e bloco. Para tal utilizou-se uma sonda de cânula recolhendo amostras às profundidades de 0-20 cm e 20-50 cm.

A matéria orgânica foi de 1,6% à profundidade 0-20 cm, e 0,8% na profundidade 20-50 cm, com pH neutro, respectivamente 6,7 na profundidade 0-20 cm e 6,5 na profundidade 20-50 cm, e elevados teores de fósforo e de potássio extraíveis (Quadro 7.2).

Quadro 7.2. Teor de matéria orgânica, pH e teores de fósforo e de potássio extraíveis, em Fevereiro 2005.

Profundidade (cm)	Matéria orgânica (%)	pH	P ₂ O ₅ (mg·kg ⁻¹) (% de casos) ⁽¹⁾	K ₂ O (mg·kg ⁻¹) (% de casos) ⁽¹⁾
0-20	1,6	6,7	>200 (67%)	>200 (100%)
			150-200 (33%)	
20-50	0,8	6,5	>200 (33%)	>200 (25%)
			100-200 (42%)	150-200 (58%)
			50-100 (25%)	110-150 (17%)

(1) total de 12 amostras.

7.2.3. Inoculação com *Phomopsis amygdali*

No final de cada ciclo vegetativo, no início de Novembro, à semelhança do procedimento utilizado no ensaio em vasos (ponto 6.2.5.), as plantas foram inoculadas com uma cultura de *P. amygdali*, cultivada em placas de Petri com PDA, com aproximadamente sete dias de idade.

Foram realizadas quatro inoculações por planta, que correspondem a 24 inoculações por modalidade, num total de 96 inoculações.

Para as inoculações do ensaio de campo foi sempre utilizada uma cultura de *P. amygdali* com a mesma origem da cultura utilizada no ensaio em vasos.

Em 2005 e 2006 as inoculações foram realizadas no dia anterior às inoculações do ensaio em vasos, ou seja, a 4 de Novembro de 2005 e 8 de Novembro de 2006 e, em 2007, foi realizada em 25 de Novembro.

7.2.4. Avaliação da susceptibilidade a *Phomopsis amygdali*

A avaliação da susceptibilidade a *P. amygdali* foi realizada através da determinação do comprimento de cada cancro de modo semelhante ao descrito no ensaio em vasos (ponto 6.2.6).

No ciclo vegetativo de 2005, a avaliação foi realizada em 20 de Janeiro, 17 de Fevereiro e 20 de Março de 2006. No ciclo vegetativo de 2006, a avaliação realizou-se em 12 de Janeiro, 12 de Fevereiro e 15 de Março de 2007 e, no ciclo vegetativo de 2007, realizou-se em 23 de Janeiro, 22 de Fevereiro e 17 de Março de 2008.

Embora se tenha determinado também a área de cada cancro, na avaliação da susceptibilidade a *P. amygdali* foi utilizado o comprimento de cada cancro, à semelhança do procedimento referido por Cao *et al.* (2005).

7.2.5. Avaliação do estado de nutrição

Em cada ciclo vegetativo, para avaliação do estado de nutrição foi realizada uma colheita de folhas em Junho (cerca de 20 dias antes da colheita) e outra em Julho (20 dias após a colheita), sendo a primeira analisada no LQARS e a segunda analisada no Laboratório de Solos e Fertilidade da ESACB.

Cada amostra foi constituída por 25 folhas por árvore útil, colhidas no terço médio do lançamento do ano.

Em 2006 e 2007 procedeu-se à determinação do valor de SPAD, utilizando o SPAD-502 (*Chlorophyll Meter* da Minolta, Osaka, Japão), que avalia o teor de clorofila. O valor de SPAD por planta resultou assim de 25 leituras, com uma leitura por folha, na parte central do limbo, a cerca de 1 cm da margem.

7.2.6. Avaliação da produção e da qualidade dos frutos

Na avaliação da produção, em cada ciclo vegetativo, procedeu-se à colheita de todos os frutos de cada árvore, realizando-se uma a quatro colheitas parciais, tendo sido avaliada a produção total, produção comercializável, refugo e distribuição da produção pelas classes de calibre C (56–61 mm), B (61–67 mm), A (67–73 mm), AA (73–80 mm) e AAA (80–90 mm). Com base na distribuição pelas diferentes classes de calibre calculou-se o índice de calibre (IC) que resulta da soma de cinco valores, sendo cada um calculado pelo produto da proporção de cada classe de calibre relativamente à produção comercializável (PC), multiplicada por um factor de 1 a 5, respectivamente da classe de calibre mais baixa para a classe de calibre mais elevada:

$$IC = [(calibre C)/PC] \times 1 + [(calibre B)/PC] \times 2 + [(calibre A)/PC] \times 3 + [(calibre AA)/PC] \times 4 + [(calibre AAA)/PC] \times 5.$$

Este índice varia de 1 a 5.

No lote de refugo foi determinado o peso dos frutos segundo as seguintes causas de refugo:

- baixo calibre;
- defeito de forma (Fig. 7.1);
- defeitos de epiderme (Fig. 7.2);
- rachamento (Fig. 7.3);
- sobrematuração (Fig. 7.4);
- estragos causados por lepra, *Tapbrina deformans* (Berk.) Tul.;
- estragos causados por oídio, *Sphaerotheca pannosa* (Wallr.) Lev.;
- estragos causados por pássaros e gafanhotos (Fig. 7.5);
- estragos causados por *Anarsia lineatella* Zeller (Fig. 7.6);
- estragos causados por afídeos (Homoptera: Aphididae) (Fig. 7.7-A);
- estragos causados por mosca da fruta, *Ceratitis capitata* (Wied.) (Diptera: Tephritidae) (Fig. 7.7-B);
- Outros.



Figura 7.1. Frutos com defeito de forma.



Figura 7.2. Frutos com defeito de epiderme.



Figura 7.3. Frutos com rachamento do mesocarpo (A) e do endocarpo (B).



Figura 7.4. Frutos impróprios para comercialização por sobrematuração.



Figura 7.5. Frutos danificados por pássaros (A) e gafanhotos (B).



Figura 7.6. Frutos danificados por *Anarsia lineatella*.



Figura 7.7. Frutos danificados por afídeos (A) e por *Ceratitís capitata* (B).

Para avaliação da qualidade dos frutos foram analisados 30 frutos por modalidade experimental e repetição, do lote de frutos da classe de calibre dominante, podendo compreender a análise de 60 frutos por modalidade, caso ocorressem duas classes de calibre dominantes. Para cada árvore foram analisados no mínimo 10 frutos.

A qualidade dos frutos, à semelhança do descrito no ponto 6.2.12, foi avaliada através da determinação dos seguintes parâmetros:

- coloração, através de colorímetro Minolta, utilizando o sistema CIE $L^*a^*b^*$, realizando quatro leituras por fruto, na secção equatorial, seguindo a metodologia descrita por Melgarejo *et al.* (2001);
- dureza, com o auxílio de um penetrómetro de bancada tipo Penefel, resultante da medição em faces opostas do fruto, após retirar uma fina porção da epiderme;
- índice refractométrico (IR), com utilização de refractómetro digital, utilizando duas gotas de sumo de faces opostas de cada fruto;
- acidez, por titulação com NaOH 0,1N, utilizando o sumo de um subconjunto de frutos de cada modalidade e calibre.

7.2.7. Análise estatística

A análise de variância foi realizada através do programa SPSS, ANOVA a um factor, utilizando o teste de Tukey sempre que se verificassem condições de homogeneidade de variâncias, e teste não paramétrico de Kruskal-Wallis quando não se verificasse

homogeneidade de variâncias, considerando estatisticamente significativas as diferenças entre médias cujo *p-value* do teste utilizado tenha sido inferior a 0,05.

A análise discriminante *stepwise* com o método do Λ de Wilks, através do programa SPSS, foi utilizada para identificar qual ou quais as variáveis que caracterizam o estado de nutrição permitiriam discriminar significativamente as modalidades de fertilização azotada (N0, N1, N2 e N3). Os pressupostos da normalidade e de homogeneidade das matrizes de variância-covariância de cada grupo foram testados, respectivamente, com o teste de Shapiro-Wilk (uma vez que a dimensão dos grupos era reduzida) e com o teste de M de Box.

De acordo com o teste de Shapiro-Wilk nem todas as variáveis apresentam distribuição normal nas quatro modalidades. De acordo com o teste M de Box, o pressuposto da homogeneidade das matrizes de variância-covariância é válido no ensaio ESAn (M= 60,208; F=1,158; p=0,218).

Para resumir a informação referente ao estado de nutrição utilizou-se a Análise de Componentes Principais (ACP), através do programa R, *package* FactoMineR, retendo apenas as duas componentes principais. As variáveis cancro, acréscimo de vigor e produção total foram introduzidas, posteriormente, como variáveis suplementares.

Uma vez que este estudo decorreu durante apenas três anos, para considerar a influência das condições climáticas foi utilizada a Análise de Correspondências Múltiplas (ACM), procedendo-se à transformação das variáveis quantitativas – azoto, precipitação de Novembro a Março e cancro – em variáveis qualitativas (factores), através da definição de classes para cada variável, seguidamente designados por níveis. A definição dos limites de cada nível, referente a cada variável, foi realizada de acordo com a amplitude de cada variável, depois de analisado o histograma de cada variável, como recomendado por Lebart *et al.* (1997). Os códigos e limites utilizados na transformação das variáveis são referidos no Quadro 7.3.

Na factorização da variável azoto, o nível N1 (2,5% a 3,0%) é considerado baixo de acordo com o intervalo considerado como suficiente (3,3% a 4,6%), por Jordão *et al.* (2008), para a mesma cultivar, época de amostragem e região de cultivo.

Nas variáveis climáticas considerou-se apenas a precipitação total registada no período desde a inoculação até à última avaliação dos cancros, que corresponde sensivelmente ao período de Novembro a Março (PNM), uma vez que se verificou uma coincidência entre os níveis da variável temperatura média e da precipitação. Com efeito,

no ciclo 2006, em que se registou a precipitação mais elevada, observou-se também a temperatura mais elevada e, em 2007, em que a precipitação foi mais baixa, verificou-se também a temperatura mais baixa, pelo que a discretização das duas variáveis resultava na sua coincidência.

Quadro 7.3. Definição dos níveis de cada variável (factores).

Variável	Símbolo	Unidades	Amplitude de valores	Níveis da variável qualitativa (factor)	Definição dos limites de cada nível da variável qualitativa
Precipitação (Novembro-Março)	PNM	mm	Mín. – Méd. – Max. 211 – 333 – 476	PNM1	PNM1: 100<PNM<250
				PNM2	PNM2: 250<PNM<350
				PNM3	PNM3: 350≤PNM
Teor foliar de azoto	N	%	Mín. – Méd. – Max. 2,89 – 3,4 – 4,17	N1	N1: 2,50<N≤3,00
				N2	N2: 3,00<N<3,50
				N3	N3: 3,50≤N≤3,80
				N4	N4: 3,80<N<4,20
Susceptibilidade a <i>Phomopsis amygdali</i>	Canc	mm	Mín.– Méd. – Max. 2,5 – 27,8 – 56,0	Canc1	Canc1: 3<Canc<10
				Canc2	Canc2: 10≤Canc<30
				Canc3	Canc3: 30≤Canc<45
				Canc4	Canc4: 45≤Canc<60.

Nota: o período considerado (Nov-Mar) refere-se ao período desde a inoculação ao final da avaliação dos cancos.

7.3. Resultados e discussão

7.3.1. Estado de nutrição das plantas no ensaio de campo

A fertilização diferencial em azoto, no ensaio de campo (ESAn), em 2005, originou estados de nutrição distintos nas plantas das modalidades N0, N1, N2 e N3, como podemos observar nos Quadros 7.4 e 7.5.

Em 2005 a fertilização diferencial em azoto originou diferenças significativas no teor foliar de azoto, entre as plantas N0 e N3, ou seja, as modalidades extremas, mas todas as modalidades apresentaram valores dentro do intervalo 3,3%–4,6% considerado adequado para esta cultivar e época (Jordão *et al.*, 2008).

Para além do teor de azoto foliar verificaram-se diferenças significativas do teor de cálcio, magnésio, enxofre, zinco e boro, também apenas entre as modalidades extremas.

O enxofre apresentou valores crescentes com as modalidades de fertilização azotada, verificando-se que as plantas N0 apresentaram teores significativamente mais baixos de enxofre que as plantas N3. As plantas N0 apresentaram o teor mais baixo,

7. Avaliação da susceptibilidade a *Phomopsis amygdali*, de pessegueiros sujeitos a diferentes níveis de fertilização azotada, num pomar em produção – ensaio de campo

0,16%, ligeiramente abaixo do limite inferior do intervalo de 0,17%–0,25% considerado adequado para esta cultivar e época (Jordão *et al.*, 2008).

Quadro 7.4. Composição mineral das folhas em macronutrientes (%), no ensaio de campo, em Junho de 2005.

	N	P	K	Ca	Mg	S
N0	3,28 b	0,24	2,78	1,62 a	0,48 a	0,16 b
N1	3,48 ab	0,24	2,33	1,26 ab	0,43 ab	0,18 ab
N2	3,48 ab	0,20	2,63	1,44 ab	0,46 a	0,18 ab
N3	3,60 a	0,25	2,34	1,14 b	0,39 b	0,19 a
Média	3,46	0,23	2,52	1,36	0,44	0,18
F_[3,20]	4,41	3,16	3,04	4,99	6,56	3,46
p	0,015	0,047	0,053	0,010	0,003	0,036
Sig.	*	ns	ns	*	**	*(a)

Nota: letras diferentes, em cada coluna, indicam diferenças significativas, segundo teste de Tukey, para $p < 0,05$ (*), $p < 0,01$ (**) e $p < 0,001$ (***); (a)- só para o teste de LSD.

Quadro 7.5. Composição mineral das folhas em micronutrientes (mg·kg⁻¹), no ensaio de campo, em Junho de 2005.

	Fe	Mn	Zn	Cu	B
N0	96,5	68,7	16,3 ab	11,5	31,5 a
N1	91,2	66,2	18,7 a	11,5	27,3 b
N2	97,8	71,5	15,8 b	12,8	26,3 b
N3	85,2	60,3	18,7 a	11,2	26,3 b
Média	92,7	66,7	17,4	11,8	27,9
F_[3,20]	0,54	1,34	3,53	0,44	17,53
p	0,657	0,287	0,033	0,726	0,000
Sig	ns	ns	*(a)	ns	***

Nota: letras diferentes, em cada coluna, indicam diferenças significativas, segundo teste de Tukey, para $p < 0,05$ (*), $p < 0,01$ (**) e $p < 0,001$ (***); (a)- só para o teste de LSD.

O cálcio e o magnésio apresentaram valores significativamente mais baixos em N3. O teor de cálcio foi baixo em todas as plantas, com excepção das plantas N0, de acordo com o intervalo considerado adequado (1,5%–1,9%) para esta cultivar e época (Jordão *et al.*, 2008). No

que respeita ao magnésio todas as plantas apresentaram teores dentro do intervalo considerado adequado (0,37%–0,55%) para esta cultivar e época (Jordão *et al.*, 2008).

O boro apresentou uma variação inversa à fertilização azotada, observando-se nas plantas N0 teores significativamente mais elevados, embora sempre inferiores ao intervalo de 32–38 mg·kg⁻¹ considerado adequado para esta cultivar e época (Jordão *et al.*, 2008).

Embora se observassem diferenças significativas entre as modalidades, no teor de zinco, contrariamente aos resultados obtidos no ensaio em vasos, foram as plantas N2 que apresentaram o teor de zinco mais baixo. Os teores de zinco são inferiores ao limite do intervalo considerado como adequado (18–27 mg·kg⁻¹) por Jordão *et al.* (2008).

Não se observaram diferenças significativas nos teores de fósforo, potássio, ferro, manganês e cobre.

Em 2006 acentuaram-se as diferenças entre as plantas das modalidades em estudo, no que respeita ao teor foliar de azoto, enxofre e boro, observando-se três grupos homogêneos no que respeita aos dois primeiros elementos (Quadros 7.6 e 7.7).

Quadro 7.6. Composição mineral das folhas em macronutrientes (%), no ensaio de campo, em Junho de 2006.

	N	P	K	Ca	Mg	S
N0	3,24 c	0,22	3,14	2,01	0,61 a	0,17 c
N1	3,41 bc	0,21	2,87	1,93	0,57 ab	0,18 c
N2	3,56 b	0,21	2,94	2,00	0,58 a	0,21 b
N3	3,87 a	0,22	2,88	1,93	0,53 b	0,24 a
Média	3,52	0,22	2,96	1,97	0,57	0,20
F_[3,20]	20,54	1,30	1,41	0,19	4,53	33,63
p	0,000	0,303	0,270	0,904	0,014	0,000
Sig.	***	ns	ns	ns	*	***

Nota: letras diferentes, em cada coluna, indicam diferenças significativas, segundo teste de Tukey, para p<0,05(*), p<0,01(**) e p<0,001(***)

No ciclo 2006 o teor de azoto foliar variou entre 3,24%, nas plantas N0, e 3,87%, nas plantas N3, observando-se diferenças significativas entre N0 e as duas modalidades de fertilização azotada mais elevada, N2 e N3, não se observando diferenças entre N0 e N1 e

entre N1 e N2. As plantas N0 apresentaram um teor de azoto ligeiramente abaixo do intervalo considerado adequado para esta época e cultivar.

Quadro 7.7. Composição mineral das folhas em micronutrientes (mg·kg⁻¹), no ensaio de campo, em Junho de 2006.

	Fe	Mn	Zn	Cu	B
N0	89,3	81,3	20,5	7,7	38,5 a
N1	85,7	83,2	19,5	8,0	36,7 a
N2	94,2	88,5	19,0	6,8	34,8 b
N3	95,0	93,5	18,7	7,5	35,2 b
Média	91,0	86,6	19,4	7,5	36,3
F _[3,20]	1,37	1,5	1,23	0,66	$\chi^2_{[3]}=12,24$
p	0,281	0,245	0,325	0,585	0,007
Sig.	ns	ns	ns	ns	**

Nota: letras diferentes, em cada coluna, indicam diferenças significativas, segundo teste de Tukey, para $p<0,05$ (*), $p<0,01$ (**) e $p<0,001$ (***).

O teor de magnésio apresenta o valor mais baixo em N3, não se observando diferenças significativas entre as restantes modalidades, verificando-se uma tendência para as plantas com baixa disponibilidade de azoto apresentarem teores mais elevados de magnésio. Com exceção das plantas N3, todas as modalidades apresentaram teores de magnésio acima do intervalo considerado como adequado (0,37%–0,55%) por Jordão *et al.* (2008), para a mesma cultivar e época.

O teor de enxofre apresentou um comportamento muito semelhante ao do azoto, ou seja, observaram-se teores crescentes de enxofre, das plantas N0 para N3, não se observando diferenças significativas entre N0 e N1. A menor disponibilidade de azoto nas plantas N0 e N1 conduziu, consistentemente, a menores teores de enxofre foliar nas plantas destas modalidades, o que está de acordo com o referido por Jones *et al.* (1991). Segundo Marschner (1995), plantas deficientes em enxofre, à semelhança de plantas deficientes em azoto, apresentam redução de crescimento, menor teor de clorofila e menor teor de proteína, parecendo haver um efeito conjugado dos dois elementos no desenvolvimento vegetativo das plantas.

O boro apresentou um comportamento inverso à disponibilidade do azoto, observando-se dois grupos homogêneos, respectivamente N0–N1 e N2–N3. As plantas N0 e N1 apresentaram os teores mais elevados de boro, com diferenças significativas em relação a N2 e N3, que apresentaram os teores mais baixos.

Em 2007, contrariamente ao que seria de esperar, verificou-se um atenuar das diferenças no teor de azoto entre as plantas das diferentes modalidades, relativamente a 2006 (Quadros 7.8 e 7.9). Com efeito, apenas se verificaram diferenças significativas no teor de azoto foliar entre as plantas N0 e N1 com N3, não diferindo a modalidade N2 de qualquer das restantes modalidades.

Contudo, ainda relativamente a 2007, observaram-se diferenças significativas entre as modalidades, em maior número dos nutrientes analisados, nomeadamente ao nível do fósforo, magnésio, enxofre, ferro e zinco. Contrariamente aos ciclos de 2005 e de 2006, não se observaram diferenças significativas ao nível do teor de boro.

O comportamento do enxofre foi semelhante ao observado nos ciclos anteriores e também no ensaio em vasos, ou seja, as plantas N3 apresentaram teores mais elevados de enxofre do que as plantas N0.

As plantas N3 apresentaram valores mais baixos de fósforo e magnésio e mais elevados de ferro e zinco.

Quadro 7.8. Composição mineral das folhas em macronutrientes (%), no ensaio de campo, em Junho de 2007.

	N	P	K	Ca	Mg	S
N0	3,24 b	0,25 a	2,83	2,02	0,48 a	0,15 b
N1	3,35 b	0,24 ab	2,64	2,01	0,47 ab	0,15 b
N2	3,52 ab	0,23 b	2,77	2,02	0,47 ab	0,16 ab
N3	3,79 a	0,24 ab	2,57	1,99	0,44 b	0,18 a
Média	3,47	0,24	2,70	2,01	0,46	0,16
F_[3,20]	9,48	3,61	1,36	0,05	3,59	6,97
p	0,000	0,031	0,283	0,984	0,032	0,002
Sig.	***	*	ns	ns	*	**

Nota: letras diferentes, em cada coluna, indicam diferenças significativas, segundo teste de Tukey, para $p < 0,05$ (*), $p < 0,01$ (**) e $p < 0,001$ (***).

Quadro 7.9. Composição mineral das folhas em micronutrientes (mg.kg⁻¹), no ensaio de campo, em Junho de 2007.

	Fe	Mn	Zn	Cu	B
N0	63,3 b	74,8	18,2 ab	7,2	32,3
N1	63,5 b	78,5	17,5 ab	7,7	32,2
N2	66,8 ab	80,5	16,5 b	6,8	31,2
N3	74,7 a	89,0	19,5 a	8,0	31,5
Média	67,1	80,7	17,9	7,4	31,8
F_[3,20]	4,49	1,62	2,82	1,29	0,72
p	0,015	0,216	0,065	0,305	0,551
Sig.	*	ns	*(a)	ns	ns

Nota: letras diferentes, em cada coluna, indicam diferenças significativas, segundo teste de Tukey, para $p < 0,05$ (*), $p < 0,01$ (**) e $p < 0,001$ (***); (a)- só para o teste de LSD.

A variação do teor de zinco observada neste ensaio, neste ciclo vegetativo de 2007, aproximou-se da observada no ensaio em vasos, em todos os ciclos, ou seja, plantas sujeitas a fertilização azotada mais elevada apresentaram, também, teores mais elevados de zinco.

Em 2007 as plantas da modalidade N2 e N3 apresentaram teores de ferro significativamente mais elevados que as plantas das modalidades N0 e N1. Embora no ensaio em vasos não se tenham observado diferenças significativas entre modalidades, no teor de ferro, observou-se uma correlação positiva elevada entre os dois nutrientes, indicando um comportamento semelhante entre o azoto e o ferro, nos dois ensaios.

As Figuras 7.8. e 7.9 permitem verificar a correspondência entre a dose de fertilização azotada e o teor foliar de azoto.

Comparando os resultados alcançados em cada ciclo vegetativo (Fig. 7.8), verificamos que, em 2006, se observou a maior amplitude no teor foliar de azoto entre as modalidades em estudo.

Considerando individualmente cada modalidade, não se observaram diferenças significativas no teor de azoto foliar entre os ciclos vegetativos ($F_{[2,15]}=3,381$; $p=0,061$).

É de assinalar a constância do teor foliar de azoto na modalidade N0 que, no final de três ciclos sem qualquer fertilização azotada, manteve um teor foliar de azoto próximo de 3,3%, limite inferior do intervalo considerado como adequado para esta cultivar e época (Jordão *et al.*, 2008).

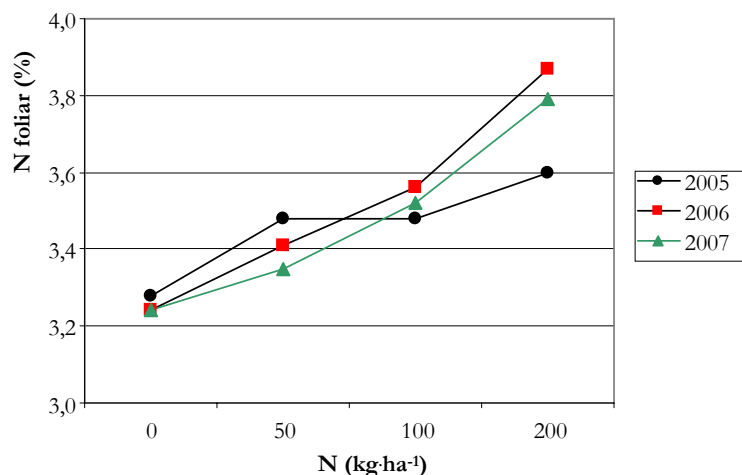


Figura 7.8. Teor de azoto foliar em resposta à fertilização diferencial em azoto, em 2005, 2006 e 2007.

Este comportamento deverá estar associado com a capacidade das plantas perenes de remobilizar o azoto das folhas para as raízes e ramos (Millard, 1993; Tagliavini *et al.*, 1998; Guak *et al.*, 2001; Cheng *et al.*, 2002), permitindo o crescimento inicial com base

nessas reservas, conjugada com a disponibilização de azoto por parte do solo. Comportamento semelhante foi referido por Fernández-Escobar *et al.* (2006) relativamente à oliveira, indicando que, no final de seis anos de fertilização azotada diferencial, as plantas da modalidade N0 nunca apresentaram um teor de azoto foliar abaixo do limite inferior de referência.

Em 2007, tendo-se registado uma precipitação mais elevada e regular durante o período de Março a Junho, é provável que, nas situações de aplicação de doses elevadas de azoto (N3) tenha ocorrido maior proporção de perda de azoto por lixiviação, e, simultaneamente, nas situações de doses nulas ou baixas de fertilização azotada (N0 e N1) se tenham feito sentir condições mais favoráveis à mineralização da matéria orgânica, elevando a disponibilização de azoto por parte do solo, condições que permitiram a diminuição da amplitude de variação entre modalidades. Boaretto *et al.* (2006), trabalhando com ¹⁵N em citrinos, referem uma diminuição da eficiência de utilização do fertilizante azotado no ciclo com uma precipitação mais elevada (16%), relativamente aos ciclos onde se registou uma precipitação mais baixa (38% e 23%).

Observou-se uma relação entre o azoto aplicado e o teor de azoto foliar do tipo linear, embora o coeficiente de determinação ($R_a^2=0,543$) não seja muito elevado, podendo indicar que outros factores, para além da fertilização, tenham contribuído para o teor de azoto foliar (Fig. 7.9).

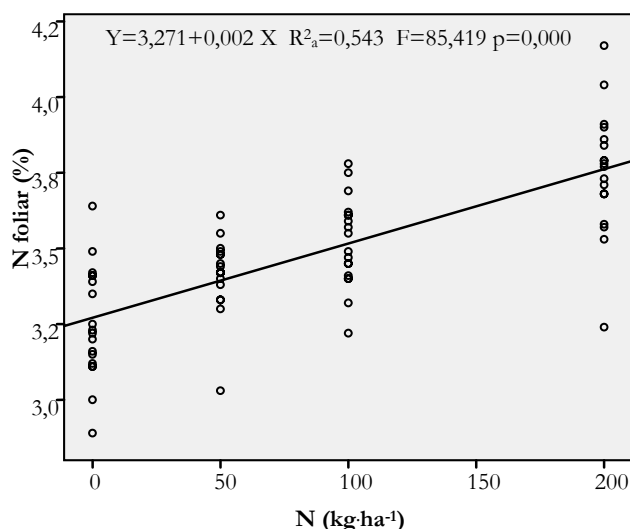


Figura 7.9. Teor de azoto foliar em resposta à fertilização diferencial em azoto.

Apesar da dose de azoto correspondente à modalidade N3 ser claramente superior ao indicado para pomares em plena produção (Gautier, 1988; Soing *et al.*, 1999), o teor médio de azoto foliar não alcançou os 4%, valor observado em pomares da região para a mesma cultivar e época de amostragem (ponto 5.3.2.1), ficando sempre abaixo de 4,6%, limite superior do intervalo considerado como adequado para esta cultivar e época (Jordão *et al.*, 2008).

Por outro lado regista-se um teor de azoto considerado suficiente nas plantas da modalidade de aplicação zero, o que indicia a utilização de outra fonte de azoto que não a fertilização, quer seja a remobilização do azoto existente noutros órgãos da planta (Millard, 1993), quer a disponibilização por parte do solo. Resultados semelhantes foram obtidos por Wrona *et al.* (2001), trabalhando com três cultivares de macieira, que referem não ter obtido plantas N0 com teores de azoto foliar inferiores a 1,9% (em plantas N0), no final de cinco anos de fertilização azotada diferencial. Fernandez-Escobar *et al.* (2006), em oliveira, no final de seis anos de fertilização azotada diferencial, também obtiveram sempre plantas com um teor de azoto foliar acima do limite mínimo (1,4%) do intervalo considerado como adequado e Neto (2007), em pereira, no quatro ano de fertilização diferencial não observou diferenças significativas no teor foliar de azoto em folhas colhidas aos 110 DAPF.

Considerando o estado de nutrição das plantas nos três ciclos vegetativos (2005, 2006 e 2007) e utilizando a análise discriminante, fomos verificar se as plantas das diferentes modalidades constituíam grupos distintos, identificando os nutrientes que

significativamente contribuíam para essa diferenciação. A análise discriminante *stepwise* extraiu três funções discriminantes, retendo como estatisticamente significativos os elementos azoto, fósforo, potássio, cobre e boro. O Quadro 7.10 apresenta os coeficientes estandardizados relativamente a estes elementos nas funções discriminantes, a significância de cada uma das funções e a percentagem de variância entre os grupos, explicada pelas funções discriminantes. O Quadro 7.11 apresenta os resultados da classificação com as respectivas funções de classificação.

Quadro 7.10. Valores próprios, percentagem de variância e coeficientes de correlação dos nutrientes nas três funções discriminantes obtidas pela análise discriminante, em ESan.

Função	Valor próprio	Percentagem da variância		Coeficientes de correlação				
		%	% Acum	Variáveis				
				N	P	K	Cu	B
1	1,913 ***	77,6	77,6	-0,927 *	0,622	0,080	0,541	0,822 *
2	0,383 ***	15,5	93,1	0,479	1,236 *	0,691	0,555	0,316
3	0,171 *	6,9	100	0,162	0,316	1,591*	-0,141*	-0,994

Quadro 7.11. Resultados da classificação obtida pelas funções classificatórias utilizadas.

Modalidade	Grupo predicto [n.º (%)]				
	N0	N1	N2	N3	Total
N0	14 (77,8)	3 (16,7)	0 (0)	1 (5,6)	18 (100)
N1	1 (5,6)	12 (66,7)	4(22,2)	1 (5,6)	18 (100)
N2	0 (0)	2 (11,1)	12 (66,7)	4 (22,2)	18 (100)
N3	0 (0)	2 (11,1)	2 (11,1)	14 (77,8)	18 (100)

A função 1 é essencialmente definida pelo azoto e pelo boro, explicando 77,6% da variabilidade entre os grupos. Esta função discrimina significativamente os quatro grupos ($\Lambda=0,212$; $\chi^2_{[15]}=103,129$; $p<0,000$). A segunda função discriminante é definida essencialmente pelo teor de fósforo, explicando 15,5% da variabilidade entre os grupos. Esta segunda função discrimina significativamente as modalidades N2 e N3 ($\Lambda=0,618$; $\chi^2_{[8]}=32,019$; $p<0,000$). A terceira função discriminante explica apenas 6,9% da

variabilidade entre os grupos, sendo definida essencialmente pelos teores de potássio e cobre.

No Quadro 7.11 podemos verificar que, segundo as funções discriminantes, embora 77,8% das plantas N0 sejam classificadas nesse grupo, 16,7% foram classificadas como N1 e há um caso de plantas N0 que apresenta as características de N3. Nas modalidades N1 e N2, 66,7% das plantas foram classificadas no grupo predicto respectivo, mas as restantes 33,3% distribuem-se maioritariamente pelas modalidades adjacentes. Na modalidade N3, 11% foram classificadas como N2 e 11% como N1.

O mapa territorial (Fig. 7.10) evidenciou, quando comparado com os resultados obtidos no ensaio em vasos (Fig. 6.8), que não houve uma discriminação tão significativa entre os grupos de plantas que constituem as diferentes modalidades, ilustrando a maior dispersão das plantas de uma modalidade no espaço territorial das modalidades adjacentes.

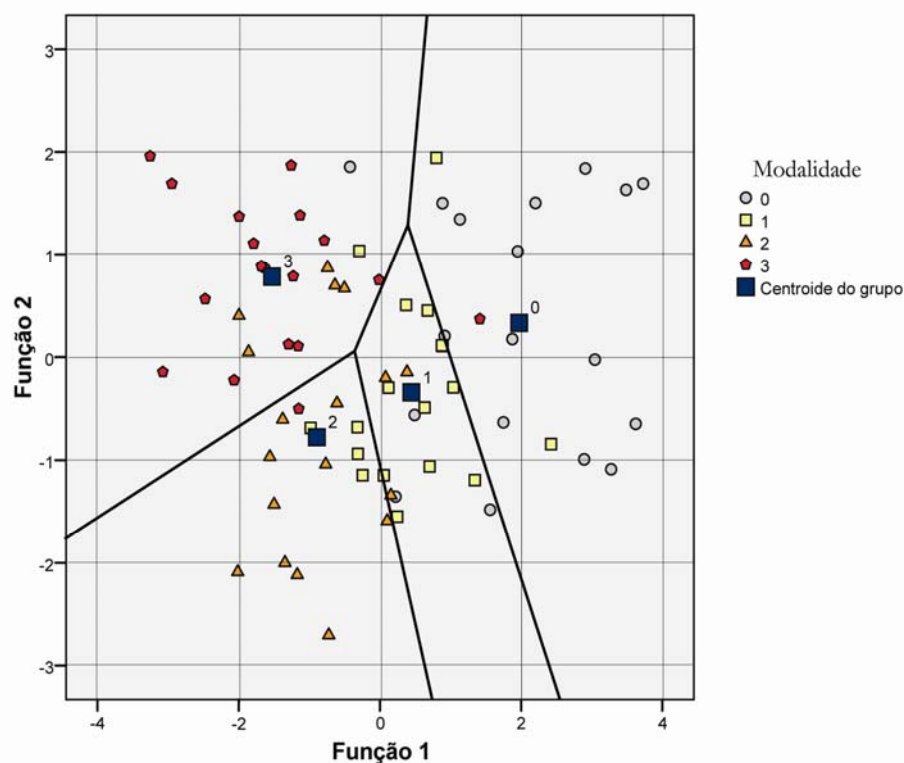


Figura 7.10. Mapa territorial e representação gráfica dos centróides de cada modalidade segundo as funções discriminantes relativas ao estado de nutrição – ensaio de campo (Análise Discriminante *stepwise*).

Esta situação é comum em ensaios de campo, pois não há controlo sobre diversos factores externos, nomeadamente a temperatura e precipitação, que influenciam os processos metabólicos das plantas, como a absorção de nutrientes e a capacidade fotossintética, por sua vez com influência no seu estado de nutrição e também na taxa de mineralização da matéria orgânica (Herrera e Pérez, 1998) e por conseguinte na disponibilização adicional de nutrientes com especial destaque para o azoto.

O facto de não haver uma separação tão marcada no que respeita ao estado de nutrição das plantas das diferentes modalidades deverá ser tido em consideração na análise posterior dos outros resultados.

Dado o elevado número de nutrientes que caracterizam o estado de nutrição das plantas, foi utilizada a ACP para permitir resumir o número de variáveis envolvidas, transformando as variáveis originais em uma ou mais combinações lineares independentes que representam a maior parte da informação presente nas variáveis originais (Maroco, 2007).

A ACP realizada com base no período global de 2005 a 2007, não permitiu a definição de componentes com valores próprios elevados, pelo que se procedeu à análise ciclo a ciclo, focando a interpretação na evolução das correlações entre nutrientes, ao longo dos três ciclos, com especial destaque para o azoto (Quadros 7.12 a 7.17 e Fig. 7.11).

Quadro 7.12. Correlações entre nutrientes, extraídas da Análise de Componentes Principais, no ESAn, referente a 2005.

	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Mn	Zn	Cu	B
N	1,00	-0,07	-0,09	-0,41	-0,45	0,74	0,03	-0,13	0,29	0,03	-0,42
P		1,00	-0,63	-0,61	-0,62	-0,38	-0,70	-0,51	0,68	-0,60	-0,06
K			1,00	0,73	0,63	0,04	0,75	0,14	-0,85	0,48	0,64
Ca				1,00	0,92	-0,04	0,68	0,47	-0,70	0,40	0,55
Mg					1,00	-0,04	0,61	0,55	-0,63	0,47	0,55
S						1,00	0,44	0,20	0,04	0,41	-0,44
Fe							1,00	0,32	-0,71	0,68	0,36
Mn								1,00	-0,10	0,16	0,02
Zn									1,00	-0,55	-0,45
Cu										1,00	0,16

Quadro 7.13. Correlações entre nutrientes, extraídas da Análise de Componentes Principais, no ESAn, referente a 2006.

	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Mn	Zn	Cu	B
N	1,00	0,26	-0,47	-0,32	-0,69	0,91	0,34	0,17	-0,10	-0,06	-0,54
P		1,00	-0,24	-0,10	-0,08	0,14	0,15	-0,42	0,31	0,07	0,34
K			1,00	0,73	0,62	-0,41	0,08	0,13	-0,36	-0,30	0,52
Ca				1,00	0,78	-0,24	0,19	0,14	-0,48	-0,24	0,47
Mg					1,00	-0,63	0,07	-0,08	-0,06	-0,06	0,67
S						1,00	0,31	0,25	-0,19	0,09	-0,56
Fe							1,00	0,25	0,07	0,07	0,21
Mn								1,00	-0,11	-0,24	-0,37
Zn									1,00	0,05	0,17
Cu										1,00	0,19

Quadro 7.14. Correlações entre nutrientes, extraídas da Análise de Componentes Principais, no ESAn, referente a 2007.

	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Mn	Zn	Cu	B
N	1,00	0,11	-0,65	-0,42	-0,68	0,89	0,67	0,10	0,45	0,33	-0,17
P		1,00	-0,45	-0,16	-0,14	0,21	-0,04	-0,34	0,66	0,24	0,23
K			1,00	0,48	0,53	-0,51	-0,27	0,17	-0,76	-0,40	0,15
Ca				1,00	0,57	-0,39	-0,44	0,40	-0,17	-0,24	0,25
Mg					1,00	-0,53	-0,40	0,18	-0,41	-0,16	0,28
S						1,00	0,70	0,10	0,45	0,27	-0,07
Fe							1,00	0,05	0,14	0,23	0,00
Mn								1,00	-0,03	0,17	-0,27
Zn									1,00	0,22	-0,17
Cu										1,00	-0,02

7. Avaliação da susceptibilidade a *Phomopsis amygdali*, de pessegueiros sujeitos a diferentes níveis de fertilização azotada, num pomar em produção – ensaio de campo

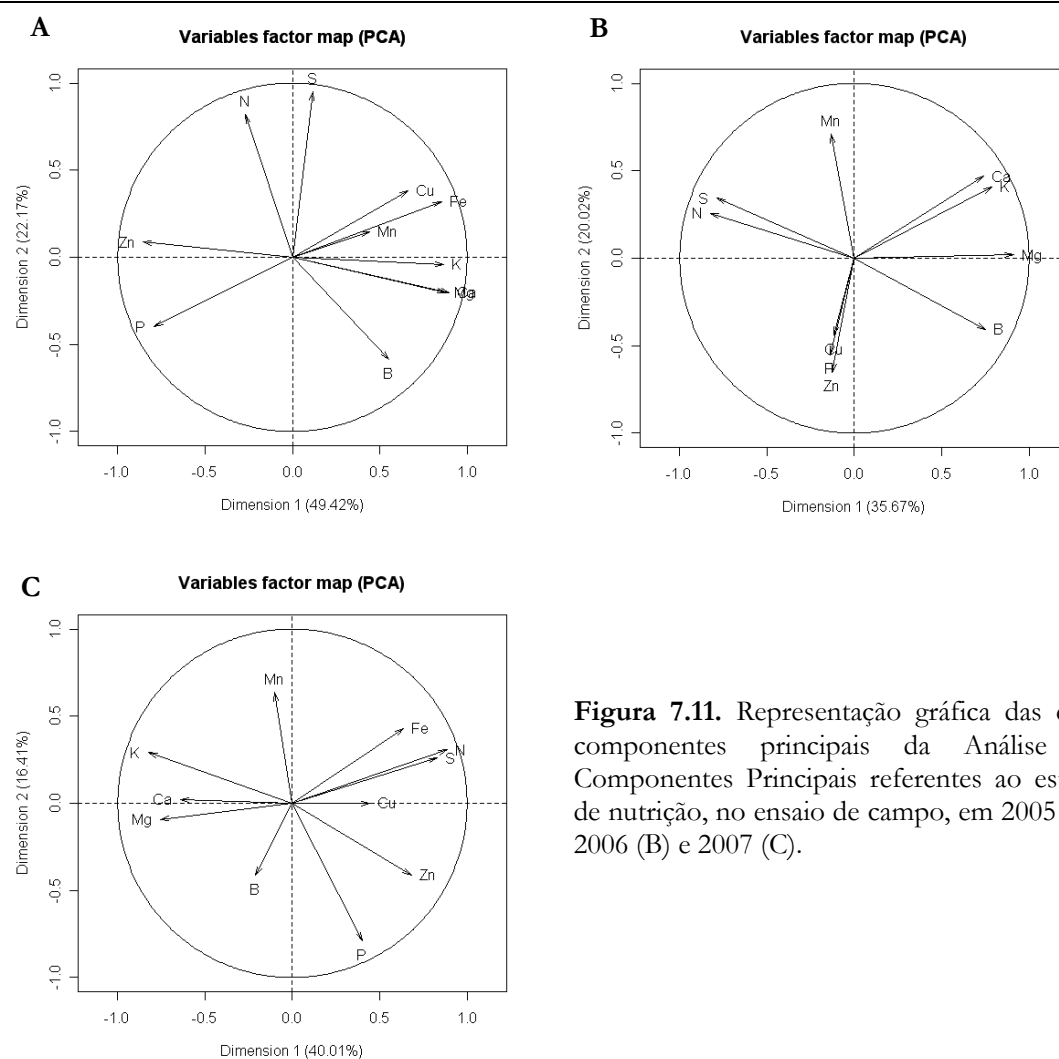


Figura 7.11. Representação gráfica das duas componentes principais da Análise de Componentes Principais referentes ao estado de nutrição, no ensaio de campo, em 2005 (A), 2006 (B) e 2007 (C).

Quadro 7.15. Coordenadas e \cos^2 dos nutrientes nas duas componentes principais extraídas da ACP, no ciclo 2005.

	1.ª comp.		2.ª comp.	
	Coordenada	Cos ²	Coordenada	Cos ²
N	-0,27	0,07	0,82	0,67
P	-0,79	0,62	-0,40	0,16
K	0,87	0,75	-0,04	0,00
Ca	0,90	0,81	-0,20	0,04
Mg	0,88	0,77	-0,20	0,04
S	0,11	0,01	0,95	0,90
Fe	0,85	0,73	0,32	0,10
Mn	0,44	0,20	0,15	0,02
Zn	-0,86	0,73	0,09	0,01
Cu	0,66	0,44	0,38	0,15
B	0,55	0,31	-0,59	0,35

7. Avaliação da susceptibilidade a *Phomopsis amygdali*, de pessegueiros sujeitos a diferentes níveis de fertilização azotada, num pomar em produção – ensaio de campo

Quadro 7.16. Coordenadas e \cos^2 dos nutrientes nas duas componentes principais extraídas da ACP, no ciclo 2006.

	1. ^a comp.		2. ^a comp.	
	Coordenada	Cos ²	Coordenada	Cos ²
N	-0,82	0,68	0,26	0,07
P	-0,14	0,02	-0,55	0,31
K	0,79	0,62	0,41	0,17
Ca	0,74	0,55	0,47	0,22
Mg	0,91	0,83	0,02	0,00
S	-0,79	0,62	0,34	0,12
Fe	-0,06	0,00	0,20	0,04
Mn	-0,13	0,02	0,71	0,50
Zn	-0,13	0,02	-0,65	0,42
Cu	-0,12	0,01	-0,44	0,19
B	0,75	0,56	-0,41	0,17

Quadro 7.17. Coordenadas e \cos^2 dos nutrientes nas duas componentes principais extraídas da ACP, no ciclo 2007.

	1. ^a comp.		2. ^a comp.	
	Coordenada	Cos ²	Coordenada	Cos ²
N	0,88	0,78	0,31	0,09
P	0,40	0,16	-0,79	0,62
K	-0,82	0,67	0,29	0,08
Ca	-0,64	0,41	0,02	0,00
Mg	-0,76	0,57	-0,09	0,01
S	0,83	0,69	0,26	0,07
Fe	0,63	0,40	0,43	0,18
Mn	-0,10	0,01	0,64	0,40
Zn	0,68	0,46	-0,41	0,17
Cu	0,44	0,19	-0,00	0,00
B	-0,21	0,04	-0,41	0,17

No ciclo 2005 as duas componentes principais identificadas pela ACP explicam 71,59% da variância. A 1.^a componente, com um valor próprio de 5,44, e explicando 49% da variância, é definida positivamente pelo potássio, ferro, cálcio e magnésio e negativamente pelo zinco e fósforo. A 2.^a componente, com um valor próprio de 2,44, explicando 22% da variância, é definida positivamente pelo azoto e enxofre e negativamente pelo boro (Fig. 7.11-A e Quadro 7.15).

No primeiro ano de fertilização diferencial o azoto apresentou as correlações mais elevadas com o enxofre, magnésio, boro e cálcio, sendo uma correlação positiva com o enxofre e uma correlação negativa com o magnésio, boro e cálcio. Neste primeiro ciclo (2005), o azoto, embora se apresente próximo do círculo de correlações, contribui para a definição da 2.^a componente, o que indica menor influência deste nutriente na variabilidade do estado de nutrição, relativamente aos anos subsequentes.

Em 2006 as duas componentes principais identificadas pela ACP explicam 55,69% da variância, sendo a 1.^a componente, com um valor próprio de 3,92 e explicando 36%, definida positivamente pelo magnésio, potássio e boro e negativamente pelo azoto e enxofre. A 2.^a componente, com um valor próprio de 2,20, explicando 20% da variância, é definida positivamente pelo manganês e negativamente pelo zinco e fósforo (Fig. 7.11-B e Quadro 7.16).

No segundo ano de fertilização diferencial, à semelhança do registado em 2005, o azoto apresentou uma correlação positiva com o enxofre e uma correlação negativa com o magnésio e o boro e acentuou-se a correlação negativa com o potássio. Observou-se também uma correlação positiva, embora moderada, entre azoto e ferro. Neste ciclo (2006), o azoto já contribuiu para a definição da 1.^a componente, apresentando, conjuntamente com o magnésio e o enxofre, elevado valor de \cos^2 , o que indica uma forte influência na variabilidade do estado de nutrição.

Em 2007 as duas componentes principais identificadas pela ACP explicam 56,42% da variância, sendo a 1.^a componente, com um valor próprio de 4,40 e explicando 40% da variância, definida positivamente pelo azoto, enxofre, ferro e cobre e negativamente pelo magnésio, potássio e cálcio. A 2.^a componente, com um valor próprio de 1,81 e explicando 16% da variância, é definida positivamente pelo manganês e negativamente pelo fósforo e boro (Fig. 7.11-C e Quadro 7.17).

No terceiro ano de fertilização diferencial o azoto apresentou uma elevada correlação positiva com o enxofre e ferro e elevada correlação negativa com o magnésio e

potássio. Neste ciclo (2007), o azoto é o nutriente que mais contribui para a definição da 1.^a componente, o que evidencia a sua influência na variabilidade do estado de nutrição.

No conjunto dos três ciclos, o azoto apresentou consistentemente uma forte correlação positiva com o enxofre, resultado semelhante ao obtido no ensaio em vasos (Quadro 6.12). Simultaneamente, o azoto apresentou uma correlação negativa com o magnésio, situação oposta à observada no ensaio em vasos, em que se observou uma correlação positiva entre o azoto e o magnésio (ponto 6.3.1). A conjugação dos dois resultados poderá indicar que a correlação entre o teor dos dois elementos – azoto e magnésio – poderá estar mais dependente das disponibilidades de magnésio por parte do solo. Em situações de abundância de Mg (Evasos) verificou-se uma correlação positiva com o azoto e, em situações de menor disponibilidade (ESAn) ocorreu uma correlação negativa.

Ao longo dos três ciclos acentuou-se a correlação negativa entre o azoto e o potássio, observando-se o valor mais elevado (-0,65) no ciclo 2007 (Quadros 7.12, 7.13 e 7.14).

Situação inversa observou-se entre o azoto e o ferro, verificando-se uma correlação positiva crescente entre estes dois nutrientes, de 2005 a 2007 (Quadros 7.12, 7.13 e 7.14). Uma correlação positiva entre azoto e ferro foi também observada no ensaio em vasos (ponto 6.3.1). A correlação positiva entre azoto e ferro poderá estar associada à presença de ferredoxina, proteína envolvida na redução do ião nitrato (Marschner, 1995).

O boro apresentou sempre uma correlação negativa com o azoto, mas, em 2007, essa correlação foi fraca (-0,17) e inferior à observada no ensaio em vasos (-0,51).

7.3.2. Susceptibilidade a *Phomopsis amygdali*, no ensaio de campo

No Quadro 7.18 apresentam-se os resultados referentes à dimensão dos cancos de *Phomopsis amygdali* desenvolvidos nas plantas das diferentes modalidades, em cada ciclo vegetativo.

Não se observaram diferenças significativas no comprimento médio dos cancos de *P. amygdali*, entre as plantas das diferentes modalidades, no ensaio ESAn, em qualquer dos ciclos em estudo. No entanto, nos ciclos de 2006 e de 2007, observou-se uma tendência para maior susceptibilidade a *P. amygdali* das plantas N3.

Quadro 7.18. Comprimento médio do cancro (mm) nos ciclos 2005 a 2007, no ensaio de campo.

	2005	2006	2007
N0	24,48	40,45	15,12
N1	24,13	42,02	12,54
N2	20,83	41,57	17,58
N3	21,31	49,40	24,17
Média	22,69	43,36	17,35
F	0,982	2,060	1,973
p	0,421	0,138	0,151
Sig.	ns	ns	ns

Os resultados alcançados permitem verificar que há uma grande variação da dimensão dos cancros entre os ciclos. Os cancros de menores dimensões observaram-se no ciclo 2007, com um comprimento médio por cancro de 17 mm, e os cancros de maiores dimensões ocorreram-se em 2006, com um comprimento médio de 43 mm, cerca de duas vezes e meia superior ao observado em 2007. Este resultado sugeria que outros factores, nomeadamente a precipitação, tivessem tido influência no desenvolvimento da doença, uma vez que os cancros de maiores dimensões se observaram em 2006, ciclo onde a precipitação foi mais elevada, tendo-se registado 476 mm de precipitação entre Novembro e Março (Horta e Nunes, 2007a e Horta e Nunes, 2008), e os cancros de menores dimensões se observaram em 2007, ciclo no qual a precipitação foi mais baixa, tendo-se registado 211 mm de precipitação entre Novembro de 2007 e Março de 2008 (Horta e Nunes, 2008). No ciclo de 2005, a dimensão média dos cancros foi de 22,7 mm, inferior à dimensão média observada em 2006 e superior à dimensão média observada em 2007, tendo-se registado, neste ciclo, 333 mm de precipitação entre Novembro de 2005 e Março de 2006 (Nunes, 2006 e Horta e Nunes, 2007a). Maior incidência de cancro, no ciclo em que se verificou a precipitação mais elevada, foi também referida por Uddin e Stevenson (1998), em ensaios conduzidos na região da Geórgia.

No conjunto dos três ciclos, podemos dizer que a dimensão dos cancros é baixa, comparativamente com cancros de 582 mm observados na região do Algarve, em amendoeira (Cabrita *et al.*, 2004).

Considerando os três ciclos (2005 a 2007) não se verificaram diferenças significativas na susceptibilidade entre as diferentes modalidades de fertilização azotada,

embora os resultados alcançados indiciem uma situação ligeiramente mais desfavorável das plantas N3, em termos de susceptibilidade ao cancro (Fig. 7.12).

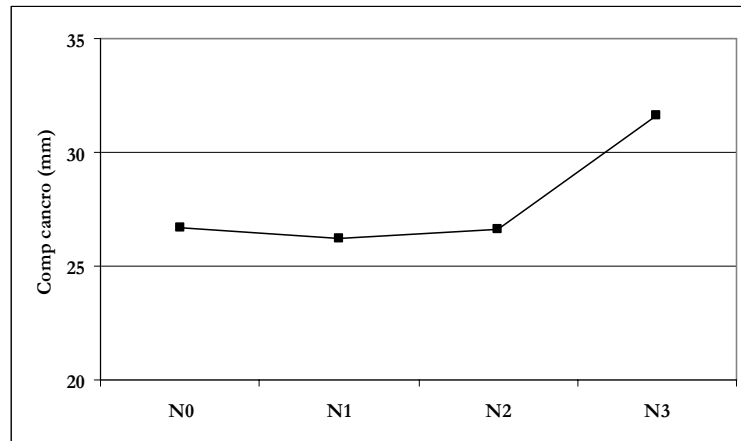


Figura 7.12. Média do comprimento do cancro por modalidade (média dos três ciclos).

As inoculações resultaram na morte dos ramos quer ainda durante o período de repouso vegetativo (Fig. 7.13-A e Fig. 7.13-B), quer no início da Primavera (Fig. 7.13-C).

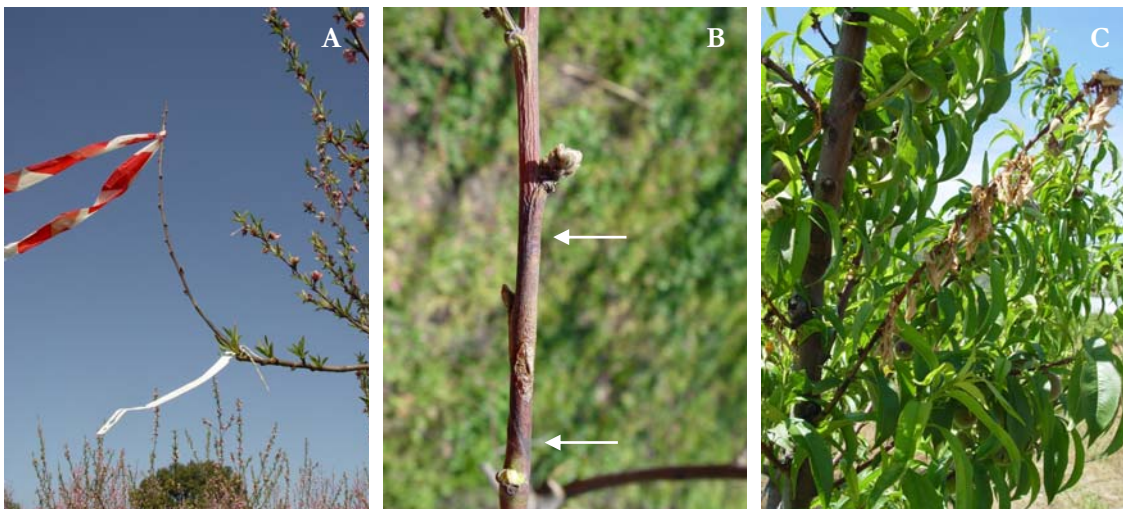


Figura 7.13. Ramos mortos resultantes da inoculação com *Phomopsis amygdali*. Ramo morto durante o período de repouso invernal (A e B) e ramo morto na Primavera, após rebentação (C).

Para identificação da relação entre o estado de nutrição das plantas e a susceptibilidade ao cancro, introduziu-se a variável cancro, como variável suplementar, na ACP realizada com base no estado de nutrição. A análise dos resultados baseia-se nas correlações da variável cancro com as variáveis de nutrição (Quadro 7.19), na representação

gráfica da variável cancro no círculo de correlações (Fig. 7.14), e nos valores das coordenadas e \cos^2 da variável cancro relativamente a cada uma das componentes (Quadro 7.20).

Quadro 7.19. Correlações entre cancro e nutrientes, extraídas da Análise de Componentes Principais.

ciclo	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Mn	Zn	Cu	B
2005	-0,08	0,25	-0,03	0,12	0,27	0,01	0,02	-0,04	0,12	0,11	0,24
2006	0,23	-0,13	-0,08	-0,07	-0,32	0,30	-0,13	0,26	-0,07	-0,15	-0,32
2007	-0,01	-0,08	0,20	0,27	-0,05	0,06	0,19	0,14	-0,02	-0,09	0,27

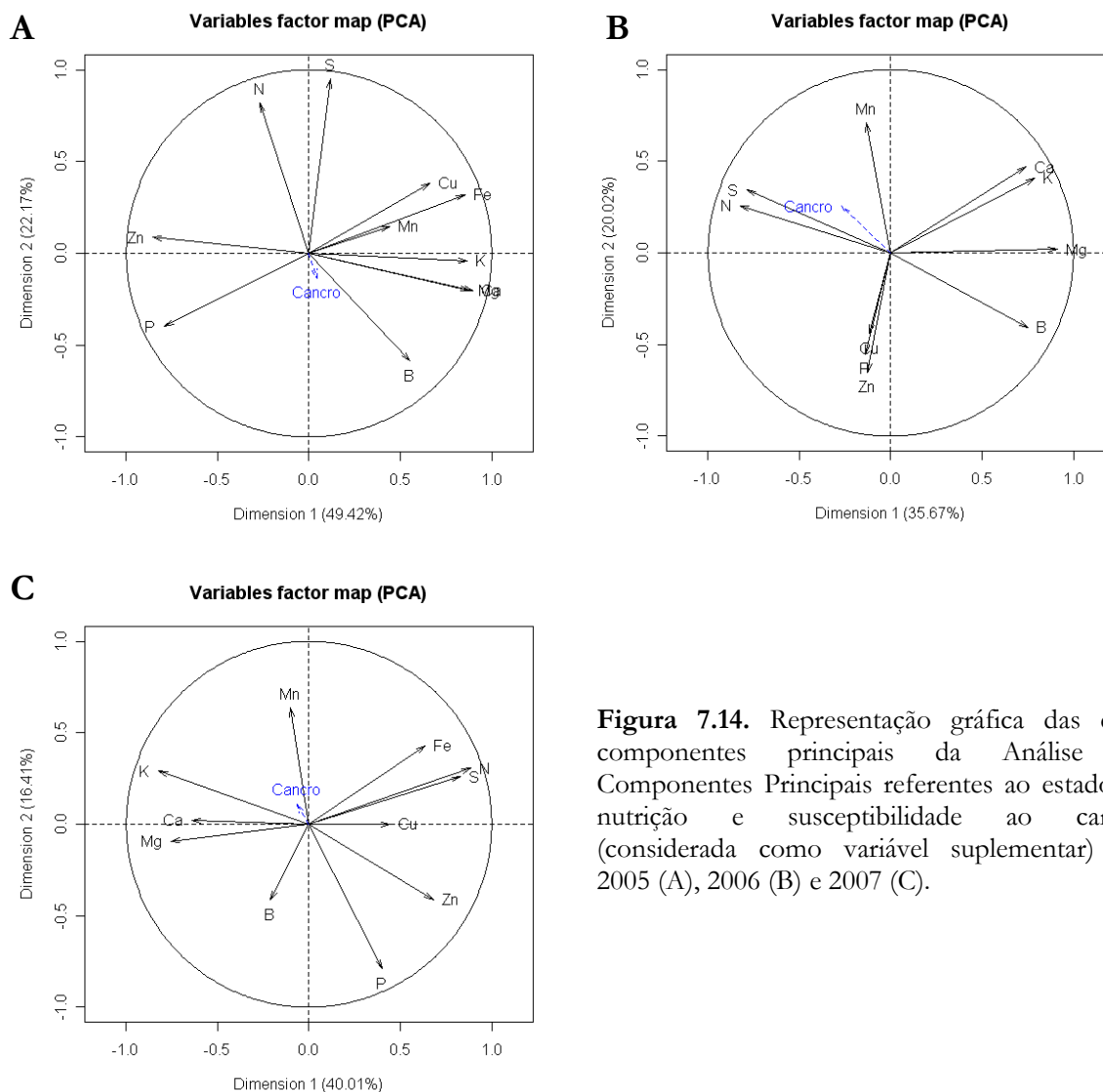


Figura 7.14. Representação gráfica das duas componentes principais da Análise de Componentes Principais referentes ao estado de nutrição e susceptibilidade ao cancro (considerada como variável suplementar) em 2005 (A), 2006 (B) e 2007 (C).

Quadro 7.20. Coordenadas e \cos^2 da variável cancro nas duas componentes da Análise de Componentes Principais.

ciclo	1. ^a comp.		2. ^a comp.	
	Coordenada	Cos ²	Coordenada	Cos ²
2005	0,05	0,00	-0,13	0,02
2006	-0,27	0,07	0,25	0,06
2007	-0,07	0,00	0,11	0,01

O cancro encontra-se mal representado no primeiro plano factorial da ACP (Fig. 7.14 e do Quadro 7.20), em qualquer dos ciclos em estudo. Com efeito, os valores das coordenadas e do \cos^2 , para qualquer dos ciclos, foram sempre baixos, pelo que poderemos dizer que, neste ensaio, a susceptibilidade ao cancro foi fracamente condicionada pelo estado de nutrição das plantas.

Este resultado, embora não expectável, poderá encontrar uma explicação na pequena amplitude de variação alcançada no teor de azoto foliar, para qualquer dos ciclos em estudo, respectivamente 0,66% (3,11% a 3,77%) em 2005, 1,17% (3,00% a 4,17%) em 2006 e 1,15% (2,89 a 4,04%) em 2007, conjugada com a forte influência dos factores climáticos. No terceiro ano de fertilização diferencial (2007), para além da fraca variabilidade do teor de azoto, verificou-se uma distribuição leptocúrtica, com forte concentração desta variável junto à média, o que se traduz por menor número de plantas com teores de azoto baixos ou elevados, em relação à média. As condições climáticas ocorridas em 2007, de maior precipitação durante o período de activo crescimento do pessegueiro, podem ter contribuído para suavizar as diferenças no teor de azoto foliar, que se pretendiam alcançar. A precipitação ocorrida no período de Abril a Junho foi de 46,5 mm em 2005, 86 mm em 2006 e 174 mm em 2007. A precipitação mais elevada observada em 2007, elevando a taxa de mineralização da matéria orgânica, poderá ter contribuído para maior disponibilização de azoto para as plantas N0 e, simultaneamente, maior lixiviação da fertilização, diminuindo as disponibilidades de azoto junto das plantas N3, resultando em maior homogeneidade no teor de azoto foliar, entre as plantas das diferentes modalidades.

A fraca amplitude no teor de azoto foliar, em plantas sujeitas a fertilização azotada diferencial, é referida por Laywisadkul (2007b), em pereira, como possível

causa da homogeneidade de comportamento no que respeita à susceptibilidade a *Phytophthora syringae*.

Fernández-Escobar *et al.* (2006), em oliveira e Wrona *et al.* (2001) em macieira, obtiveram também fraca amplitude no teor de azoto foliar em plantas sujeitas a fertilização azotada diferencial. A capacidade de remobilização do azoto (Millard, 1993; Tagliavini *et al.*, 1998; Cheng *et al.*, 2002; Laywisadkul, 2007b) e o ajustamento da eficiência de utilização de acordo com o teor de azoto das plantas (Cheng *et al.*, 2001) podem ter contribuído para a fraca amplitude de variação do teor de azoto, condicionando a variabilidade da susceptibilidade.

É interessante notar que, no ciclo 2006, onde se observa a maior distinção no teor foliar de azoto entre modalidades (Quadro 7.6) e uma distribuição normal do teor de azoto foliar mesocúrtica, a susceptibilidade ao cancro apresenta a melhor representação na ACP, comparativamente à sua representação nos ciclos 2005 e 2007. Nesse ciclo, observaram-se as correlações mais elevadas entre a susceptibilidade ao cancro e diversos nutrientes, verificando-se uma correlação positiva entre o cancro e o manganês e entre o cancro e o azoto e uma correlação negativa entre o cancro e o magnésio e entre o cancro e o boro.

A baixa representatividade do cancro nas componentes definidas pela ACP indicava que a variabilidade dos cancros estaria condicionada por outros factores, dos quais se destacavam as condições climáticas ocorridas durante o período de desenvolvimento da doença (Novembro a Março). Uma vez que o período em estudo foi de três anos, e portanto manifestamente insuficiente para a elaboração de uma regressão, estatisticamente robusta, entre a precipitação e a dimensão dos cancros, utilizou-se a Análise de Correspondências Múltiplas (ACM) para avaliar esta relação, à semelhança do procedimento adoptado no ensaio em vasos.

A ACM tem por base a discretização das variáveis e procura a melhor representação simultânea de conjuntos de dados, identificando a proximidade da distribuição espacial de nuvens de pontos, através de uma análise de χ^2 . Segundo Lebart *et al.* (1997), a análise dos resultados da ACM, deve basear-se na representação gráfica relativamente aos eixos factoriais identificados, considerando o valor de \cos^2 como um parâmetro indicador da qualidade de representação e considerando simultaneamente as contribuições que traduzem a parte da variância correspondente a cada nível da variável.

Da ACM, com as variáveis cancro, PNM e azoto foliar, verifica-se que os primeiros três eixos factoriais explicam 55% da variância (Quadro 7.21). A análise dos

resultados baseou-se nos valores de contribuição e \cos^2 dos níveis de cada variável, nos primeiros três eixos factoriais, embora a representação gráfica se tenha restringido ao primeiro plano factorial, tendo sido assinalados os trajectos definidos pelos níveis de cada variável (Fig. 7.15).

Quadro 7.21. Valor próprio e percentagem da variância explicada pelos eixos factoriais da Análise de Correspondências Múltiplas, no ensaio de campo, considerando as variáveis cancro, precipitação e azoto foliar.

Eixo factorial	Valor próprio	Percentagem da variância		Eixo factorial	Valor próprio	Percentagem da variância	
		%	% Acum.			%	% Acum.
1	0,63	23,7	23,7	5	0,32	12,0	80,0
2	0,46	17,4	41,1	6	0,29	10,9	90,9
3	0,38	14,2	55,3	7	0,18	6,9	97,8
4	0,34	12,7	68,0	8	0,06	2,2	100,0

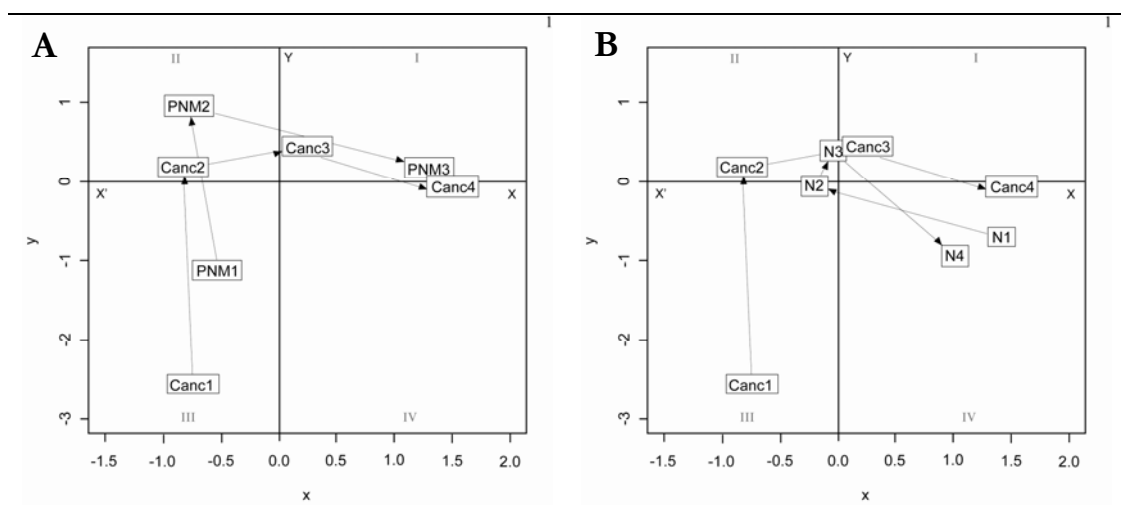


Figura 7.15. Disposição no primeiro plano factorial, dos níveis da variável cancro com os níveis da variável PNM (A) e níveis da variável azoto foliar (B).

Da análise da Figura 7.15 poderemos verificar que o trajecto da variável cancro vai do terceiro quadrante para o segundo, passando pelo primeiro e terminando no quarto quadrante. O trajecto definido pelos níveis da variável PNM (Figura 7.15-A) é muito próximo do trajecto definido pelos níveis da variável cancro, indo do terceiro quadrante para o segundo, terminando no primeiro quadrante. O trajecto da variável N foliar (Figura

7.15-B), inicia-se no quarto quadrante, passa pelo terceiro e pelo segundo quadrante, terminando novamente no quarto quadrante, estando qualquer nível da variável mal representado no primeiro plano factorial, uma vez que são muito baixos os valores de contribuição e \cos^2 relativos a qualquer nível da variável azoto (Quadro 7.22).

Quadro 7.22. Disposição no primeiro e no segundo eixo factorial dos níveis de cancro, precipitação e azoto foliar.

Nível da variável	1º eixo factorial			2º eixo factorial			3º eixo factorial		
	Coordenada	Contribuição	Cos ²	Coordenada	Contribuição	Cos ²	Coordenada	Contribuição	Cos ²
Canc1	-0,74	2,00	0,04	-2,56	32,70	0,49	1,18	8,51	0,10
Canc2	-0,82	15,84	0,54	0,18	0,99	0,02	-0,53	11,12	0,23
Canc3	0,24	0,81	0,02	0,45	3,61	0,07	1,12	27,47	0,42
Canc4	1,50	28,11	0,70	-0,05	0,05	0,00	-0,53	5,76	0,09
PNM1	-0,53	4,85	0,14	-1,13	30,31	0,63	0,06	0,17	0,02
PNM2	-0,77	10,38	0,30	0,95	21,59	0,45	-0,07	0,13	0,02
PNM3	1,29	29,44	0,84	0,18	0,74	0,01	0,00	0,00	0,00
N1	1,41	2,91	0,06	-0,71	0,99	0,01	2,42	14,30	0,17
N2	-0,20	1,12	0,05	-0,06	0,13	0,00	-0,24	2,74	0,07
N3	-0,04	0,03	0,00	0,39	3,62	0,07	0,60	10,51	0,18
N4	1,00	4,48	0,09	-0,94	5,26	0,08	-1,62	19,33	0,24

No 1.º eixo factorial, que explica 23,7% da variância, o nível da variável que apresenta uma contribuição mais elevada é PNM3, estando associado ao nível mais elevado da variável cancro (Canc4), sendo estes dois níveis da variáveis – PNM3 e Canc4 – os que apresentam os valores de \cos^2 mais elevados (Quadro 7.22). Assim, podemos dizer que os cancros de maiores dimensões (englobados no nível Canc4) estão associados ao nível mais elevado de precipitação e definidos essencialmente pelo 1.º eixo factorial, e, em termos de projecção factorial, localizados na fronteira entre o primeiro e quarto quadrantes.

No 2.º eixo factorial, que explica 17% da variância, o nível da variável que apresenta uma contribuição mais elevada é PNM1, estando associado ao nível mais baixo da variável cancro (Canc1), sendo estes dois níveis da variáveis – PNM1 e Canc1 – os que apresentam os valores de contribuição e \cos^2 mais elevados (Quadro 7.22). Assim, podemos dizer que

os cancros de menores dimensões (englobados no nível Canc1) estão associados ao nível mais baixo de precipitação e definidos essencialmente pelo 2.º eixo factorial, e, em termos de projecção factorial, localizados no terceiro quadrante.

No 3.º eixo factorial, que explica 14% da variância, o nível da variável que apresenta uma contribuição mais elevada é Canc3, estando associado ao nível mais elevado da variável azoto (N4), sendo estes dois níveis da variáveis – N4 e Canc3 – os que apresentam os valores de contribuição e \cos^2 mais elevados (Quadro 7.22). A ACM evidenciou que cancros de grandes dimensões (englobados no nível Canc3) estão associados ao nível mais elevado de azoto e definidos essencialmente pelo 3.º eixo factorial.

Assim, à semelhança do observado no ensaio em vasos, a ACM permitiu inferir que a susceptibilidade a *P. amygdali* está fortemente associada às condições de precipitação, sendo esta variável a que apresenta a contribuição mais elevada. Nível baixo e moderado de precipitação (PNM1 e PNM2) estiveram associados a baixos níveis de cancro (Canc1) e nível elevado de precipitação (PNM3) associado a nível elevado de cancro (Canc4). Resultado semelhante foi obtido por Uddin e Stevenson (1998), na região da Geórgia, referindo a maior incidência da doença no ano em que se verificou maior quantidade de precipitação, num ensaio de três anos.

Considerando que o nível N4 da variável azoto e o nível Canc3 apresentaram os valores de \cos^2 mais elevados, relativamente ao 3.º eixo factorial, podemos inferir que teores excessivos de azoto acentuam a susceptibilidade ao cancro. O maior tamanho das células (Paygami, 1977) e a menor resistência das paredes celulares, associadas a plantas sujeitas a elevada fertilização azotada (Huber e Thompson, 2007), podem ter contribuído para a maior susceptibilidade das plantas com maior teor foliar de azoto.

Daane *et al.* (1995), trabalhando com nectarina, no final de oito anos de fertilização azotada diferencial e cinco modalidades de fertilização azotada, referem quatro grupos homogéneos no que respeita ao teor foliar de azoto, tendo observado um efeito da fertilização azotada no aumento da susceptibilidade a *Monilinia fruticola*. Contudo, contrariamente à tendência observada no ESAn, de maior susceptibilidade das plantas N3, os autores obtiveram essencialmente uma menor susceptibilidade das plantas sujeitas a baixa ou nula fertilização azotada, situação menos favorável na medida em que as plantas N0 apresentaram também uma produção significativamente mais baixa em relação às restantes modalidades.

Assim, a tendência para maior susceptibilidade a *P. amygdali*, de pessegueiros sujeitos a fertilização azotada excessiva, quando se verificarem condições climáticas favoráveis, nomeadamente precipitação elevada, poderá reforçar o aspecto negativo da fertilização azotada excessiva na cultura do pessegueiro, nomeadamente no precário equilíbrio entre o desenvolvimento vegetativo e a produção (Mediéne *et al.*, 2002; Grossman e DeJong, 1994), e no risco potencial de perdas por liviação (Gimenez *et al.*, 2001). Daane *et al.* (1995), trabalhando com nectarinas, referem que para teores foliares de azoto superiores a 3% se verifica acumulação de azoto ao nível do solo, resultando em maior risco de poluição.

A avaliação do comprimento médio de cada cancro entre Janeiro e Março permitiu verificar uma evolução praticamente constante da dimensão dos cancros no período em análise (Fig. 7.16), observando-se um acréscimo médio semelhante, no período Janeiro–Fevereiro e Fevereiro–Março.

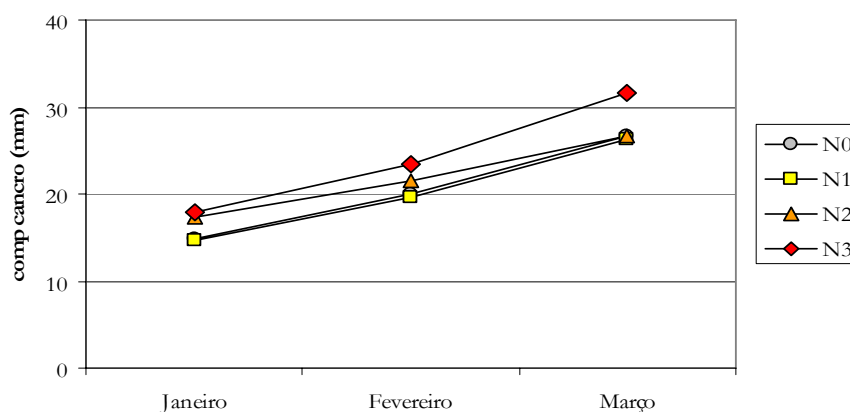


Figura 7.16. Evolução do comprimento de cada cancro por modalidade, no ensaio de campo.

O prolongamento da linha que caracteriza a evolução de cada cancro, permite-nos inferir que os cancros se desenvolveram de um modo aproximadamente constante desde a inoculação. Esta observação abre uma nova perspectiva sobre a evolução da doença que é frequentemente caracterizada como tendo um desenvolvimento mais acentuado no final do Inverno, em virtude do desenvolvimento das lesões ser retardado pelas baixas temperaturas (Zehr, 1995). Para as condições de Inverno relativamente amenas, como os que se verificam na região Sul da Beira Interior, é provável que esta situação não se tenha verificado, pois a temperatura média foi sempre relativamente elevada. Com efeito, em

2005, no período de Novembro de 2005 a Março de 2006, a temperatura média foi de 9,1°C, tendo ocorrido 333 mm de precipitação (Nunes, 2006 e Horta e Nunes, 2007b). Em 2006, considerando o período correspondente (Novembro de 2006 a Março de 2007), a temperatura média foi de 9,6°C, tendo-se registado 477 mm de precipitação (Horta e Nunes, 2007b e Horta e Nunes, 2008). Em 2007, no período de Novembro de 2007 a Março de 2008, a temperatura média foi de 8,6°C, tendo-se registado 211 mm de precipitação (Horta e Nunes, 2008). Assim, no conjunto dos três ciclos, no período de desenvolvimento dos cancrios podemos referir a ocorrência de uma temperatura média relativamente elevada que não resultou na paragem de crescimento dos cancrios, como refere Zehr (1995).

7.3.3. Efeito da fertilização azotada no vigor das plantas

A avaliação do vigor das árvores, em termos gerais, pode ser realizada através da medição do comprimento de todos os lançamentos emitidos pela árvore durante o ciclo em causa, pelo peso da lenha de poda ou pela área de secção do tronco. O primeiro método, embora sendo o mais rigoroso, torna-se de difícil execução em árvores adultas. O segundo método, o peso da lenha de poda, é fortemente influenciado pelo factor pessoal, dependendo do tipo de crescimento apresentado por cada planta, não sendo de negligenciar que há uma tendência forte para a uniformização das árvores, influenciando a quantidade de lenha de poda retirada. A avaliação do vigor através da área de secção de tronco é um método isento e mais exequível (Westwood, 1982), permitindo acompanhar a evolução de cada planta ao longo de períodos de tempo variáveis.

No Quadro 7.23 apresentam-se os resultados referentes à média da área de secção de tronco das plantas de cada modalidade, através da qual se pode avaliar a evolução do vigor da planta.

A área média de secção de tronco das plantas foi de 56 cm², no início do ensaio, e de 105 cm², no final do ensaio, não se observando diferenças significativas no vigor das plantas das diferentes modalidades, no final de três anos de fertilização azotada diferencial. Comparativamente aos valores referidos por Arroyo e Valentini (2006), para a cv. Forastero enxertada em Julior-Ferdor e conduzida em vaso, no final do 5º ciclo vegetativo (97 a 100 cm²), podemos dizer que as plantas não apresentaram um vigor muito elevado.

Quadro 7.23. Influência da fertilização azotada no vigor das plantas no ensaio de campo – área de secção de tronco (cm²) a 25 cm do solo.

	Fevereiro 2005 (início 5.º ciclo)	Janeiro 2006 (início 6.º ciclo)	Janeiro 2007 (início 7.º ciclo)	Dezembro 2007 (fim 7.º ciclo)
N0	52,6	63,1	76,8	91,9
N1	56,9	69,2	84,3	102,9
N2	53,5	63,1	75,7	98,7
N3	62,4	72,0	98,1	126,2
Média	56,4	66,9	83,7	104,9
F_[3,20]	0,868	0,532	1,766	2,660
p	0,474	0,665	0,186	0,076
Sig.	ns	ns	ns	ns

No entanto, o cálculo do acréscimo da área de secção de tronco, observado em cada ciclo (Fig. 7.17), permitiu verificar a existência de diferenças significativas entre a modalidade N3 e as restantes modalidades, em 2006 ($p=0,001$), e diferenças significativas entre N3 e as modalidades N0 e N1, no ciclo 2007 ($p=0,001$).

Em 2006 as plantas N0, N1 e N2 apresentaram um acréscimo de vigor bastante inferior ao acréscimo de vigor observado nas plantas N3, mas em 2007 as plantas N2 apresentaram um acréscimo de área de secção de tronco mais próximo de N3 do que de N0

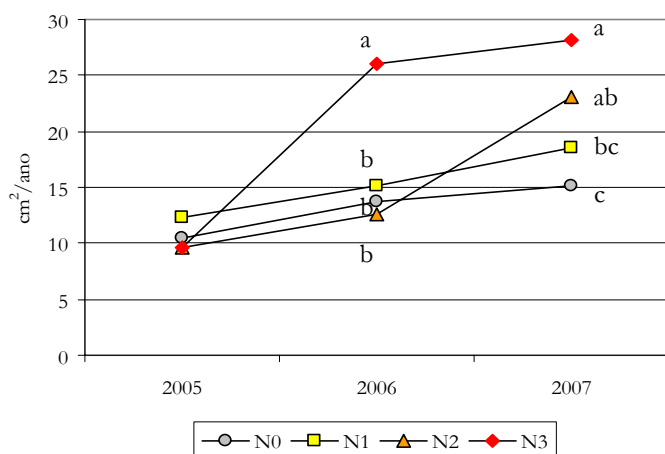


Figura 7.17. Efeito da fertilização azotada no acréscimo de vigor, no ensaio de campo.

e N1, embora não se observem diferenças significativas entre N2 e N1 (Fig. 7.17). Este resultado pode estar associado à menor produção observada em 2007, relativamente a 2006, resultando em menores exigências por parte dos frutos, tendo sido a disponibilidade de azoto utilizada para o crescimento.

Resultado semelhante foi alcançado por Cmelik *et al.* (2006), em macieira, que referem um efeito significativo da fertilização azotada no acréscimo de vigor, sendo esse acréscimo bastante superior nas plantas com produção mais baixa relativamente a produção mais elevada.

O maior vigor das plantas N3 pode também ser avaliado pela emissão de ramos mistos muito vigorosos, portadores de muitas e vigorosas antecipadas, vulgarmente designados por ramos ladrões (Fig. 7.18), que provocam o ensombramento da árvore, reduzindo o número de ramos mistos equilibrados, na zona mais baixa da copa. Esse desequilíbrio dificulta a realização das técnicas culturais como tratamentos fitossanitários, colheita e poda, e provoca o envelhecimento prematuro das plantas, na zona mais acessível.

Segundo Grossman e DeJong (1994), na repartição dos fotoassimilados, os diferentes órgãos da planta funcionam de modo semi-autónomo mas com interacção entre eles, competindo pela disponibilidade de hidratos de carbono, com base na sua força de captação dos mesmos. O comportamento das plantas N3, em 2006 e 2007, e das plantas N2, em 2007, considerando o modelo de desenvolvimento proposto por Grossman e DeJong (1994), pressupõe que o crescimento dos ramos (vegetativo) se torna o objectivo preferencial de utilização dos hidratos de carbono disponíveis.



Figura 7.18. Planta da modalidade N3 com número elevado de ramos muito vigorosos (A) e lenha retirada à poda na mesma planta (B).

A diferença de comportamento das plantas N2, entre 2006 e 2007, põe em evidência a precariedade do equilíbrio vigor-frutificação nesta espécie. Com efeito, em 2006, as plantas N2 apresentaram um vigor semelhante a N1, e, em 2007, um vigor semelhante a N3, o que indica uma fertilização azotada excessiva neste último ciclo,

potenciando o desenvolvimento dos ramos através da maior capacidade de captação de fotoassimilados (Grossman e DeJong, 1994).

Para identificação da relação entre o estado de nutrição das plantas e o vigor, introduziu-se a variável acréscimo de vigor (AcrescVigor), como variável suplementar, na ACP realizada com base no estado de nutrição. A análise dos resultados baseou-se nas correlações da variável acréscimo de vigor com as variáveis de nutrição (Quadro 7.24), na representação gráfica da variável acréscimo de vigor no círculo de correlações (Fig. 7.19), e nos valores das coordenadas e \cos^2 da variável AcrescVigor, relativamente a cada uma das componentes (Quadro 7.25).

O acréscimo de vigor encontra-se mal representado no primeiro plano factorial da ACP referente a 2005, mas a sua representatividade é crescente de 2005 a 2007 (Fig. 7.19 e Quadro 7.25).

Em 2005 o AcrescVigor está associado à primeira componente, onde apresenta a coordenada mais elevada (0,31), mas o valor de \cos^2 é baixo. Neste ciclo o AcrescVigor apresenta as correlações positivas mais elevadas com o ferro, potássio e boro e apresenta uma correlação negativa com o azoto (Quadro 7.24). Este resultado indica que, no final do primeiro ano, a fertilização diferencial não se traduziu num efeito significativo no acréscimo de vigor.

Quadro 7.24. Correlações entre acréscimo de vigor e nutrientes, extraídas da Análise de Componentes Principais.

	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Mn	Zn	Cu	B
2005	-0,20	-0,21	0,32	0,18	0,23	-0,00	0,34	0,00	-0,21	0,18	0,30
2006	0,57	0,05	-0,08	-0,12	-0,34	0,59	0,39	0,18	-0,24	0,39	-0,06
2007	0,63	-0,25	-0,16	-0,24	-0,58	0,52	0,57	0,00	-0,05	0,13	-0,01

Em 2006 o AcrescVigor está associado à primeira componente, onde apresenta, em termos absolutos, a coordenada mais elevada (-0,39), sendo o valor de \cos^2 um pouco mais elevado que no ciclo anterior (Quadro 7.25). A primeira componente é definida negativamente pelo azoto e enxofre (Quadro 7.16) e o AcrescVigor apresenta as correlações positivas mais elevadas com estes dois elementos, azoto e enxofre, apresentando simultaneamente uma correlação negativa com o magnésio (Quadro 7.24). Assim verifica-se um efeito significativo do azoto no acréscimo de vigor.

7. Avaliação da susceptibilidade a *Phomopsis amygdali*, de pessegueiros sujeitos a diferentes níveis de fertilização azotada, num pomar em produção – ensaio de campo

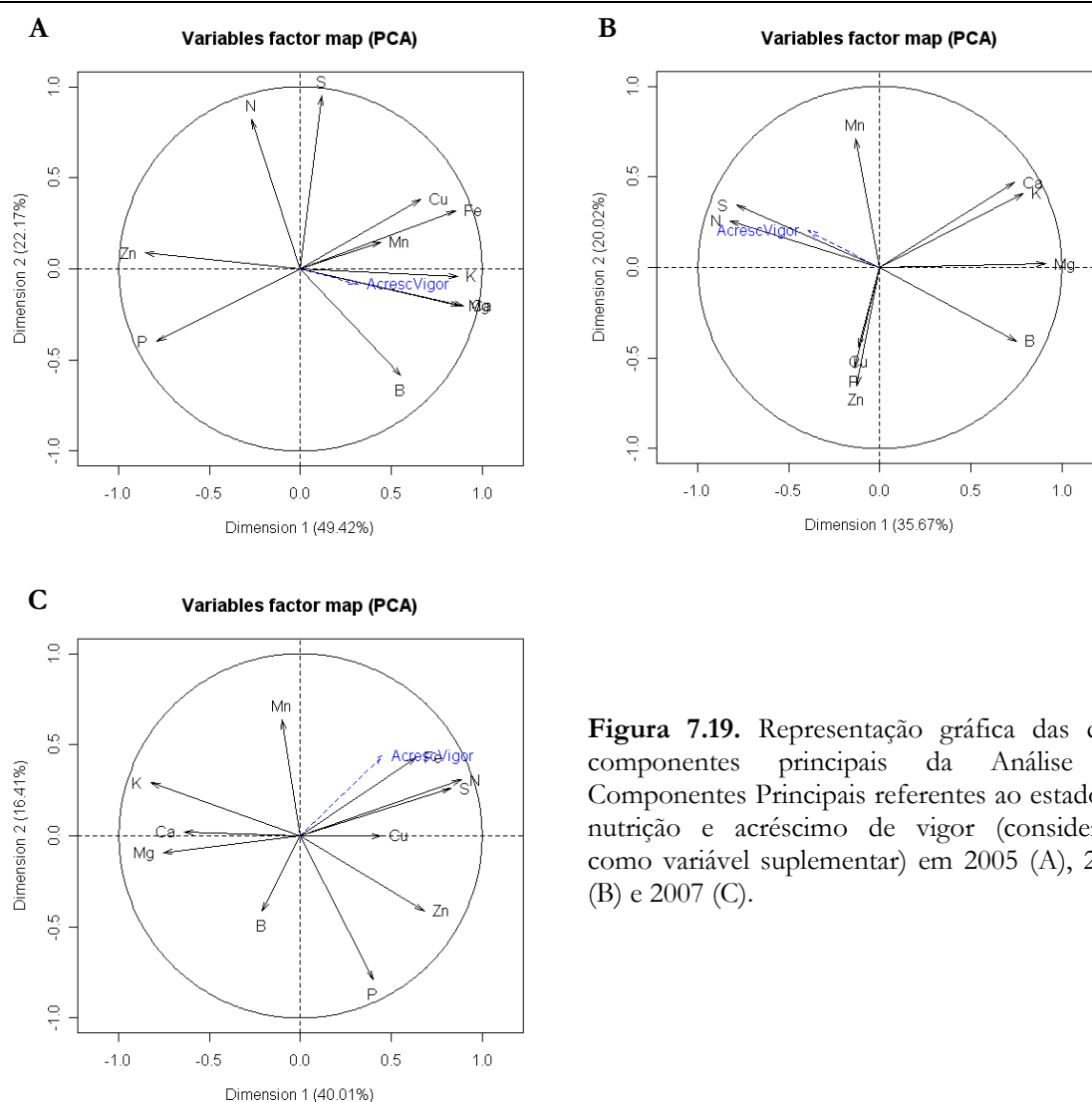


Figura 7.19. Representação gráfica das duas componentes principais da Análise de Componentes Principais referentes ao estado de nutrição e acréscimo de vigor (considerada como variável suplementar) em 2005 (A), 2006 (B) e 2007 (C).

Quadro 7.25. Coordenadas e \cos^2 da variável acréscimo de vigor nas duas componentes da Análise de Componentes Principais.

	1. ^a comp.		2. ^a comp.	
	Coordenada	Cos ²	Coordenada	Cos ²
2005	0,31	0,10	-0,08	0,01
2006	-0,39	0,15	0,20	0,04
2007	0,45	0,21	0,44	0,19

Em 2007 observa-se uma forte correlação positiva do acréscimo de vigor com o azoto, enxofre e ferro e uma correlação negativa com o magnésio (Quadro 7.24), e o

acréscimo de vigor apresenta a coordenada e o \cos^2 mais elevados na primeira componente (Quadro 7.25), que é definida positivamente pelo azoto, enxofre, ferro e zinco (Quadro 7.17).

A análise conjunta dos três ciclos permite concluir que a fertilização azotada apresentou um efeito significativo sobre o acréscimo de vigor, com uma forte e crescente correlação positiva entre o azoto e o acréscimo de vigor, embora esse efeito não se fizesse sentir no primeiro ciclo de fertilização diferencial.

7.3.4. Estados fenológicos no ensaio de campo

No conjunto das espécies frutícolas com expressão na região da Beira Interior, o pessegueiro é a primeira a florir, podendo, em alguns anos, observar-se pessegueiros em floração, em finais de Fevereiro. A cv. Rich Lady, no conjunto das cultivares de pessegueiro mais utilizadas na região da Beira Interior, pertence ao grupo das cultivares com floração temporã, o que constitui uma característica desfavorável, pois fica muito susceptível à ocorrência de geadas, ainda frequentes no início do mês de Março. Como exemplo desta susceptibilidade refira-se a quebra quase total da produção desta cultivar, no ciclo de 2004, em virtude da ocorrência de geada durante a floração (Silva, 2004).

No período durante o qual decorreu este ensaio, a floração da cv. Rich Lady ocorreu na primeira quinzena de Março e a colheita no final do mês de Junho e início do mês de Julho (Fig. 7.20).

	Março	Abril	Mai	Junho	Julho
2005	11-13				5
2006	12-15			23	6
2007	7-10				5 11

Figura 7.20. Período de plena floração e data de início e fim de colheita, da cv. Rich Lady, no ensaio de campo. ■ – floração; ■ – colheita.

O estudo da influência da fertilização azotada nos estados fenológicos, no ensaio em vasos, levou-nos à observação mais frequente dos estados fenológicos, no ESAn, em 2007, com duas observações semanais no período de plena floração. Este procedimento permitiu detectar um ligeiro desfasamento da data de plena floração, entre as modalidades extremas (Fig. 7.21).

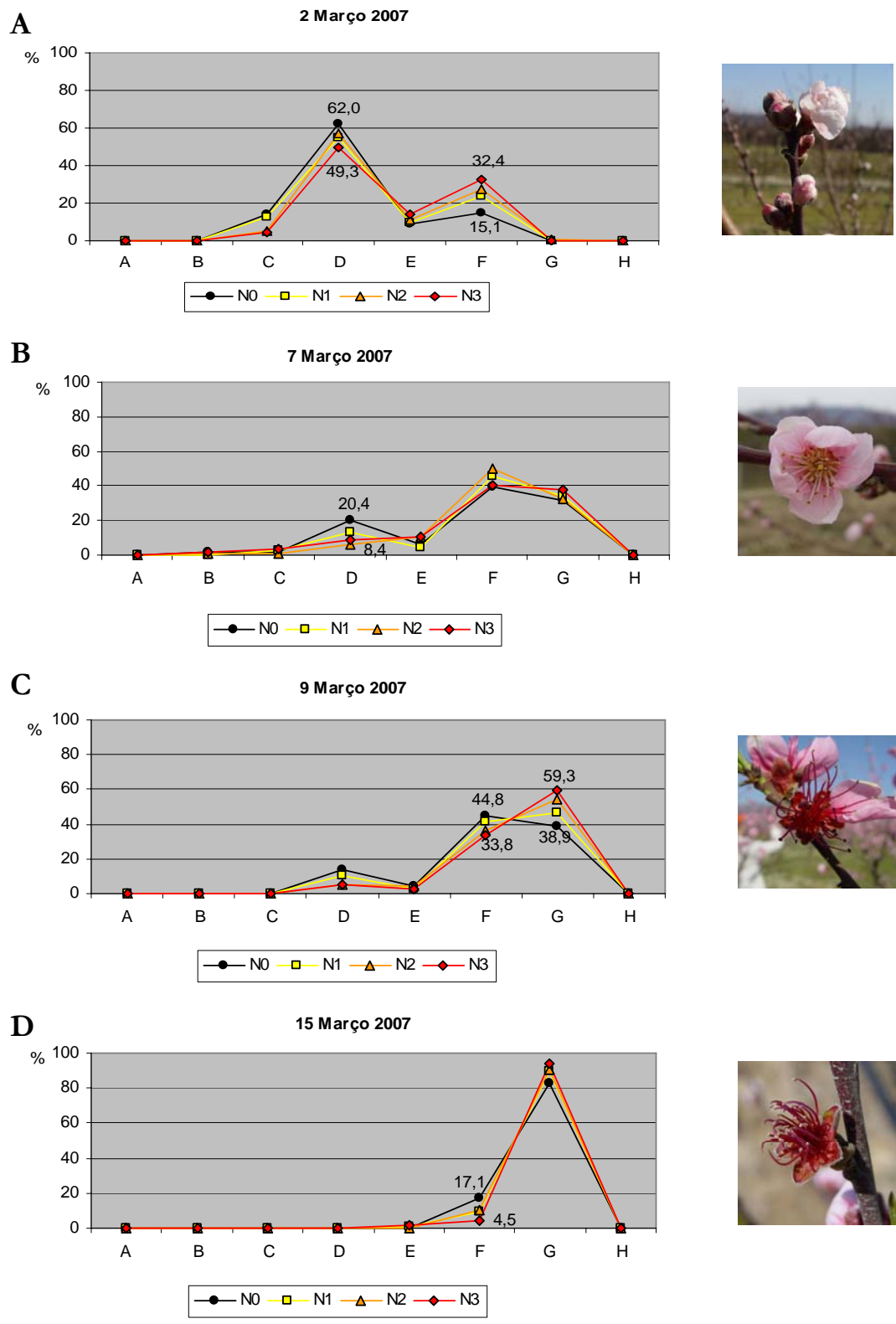


Figura 7.21. Evolução dos estados fenológicos, no ensaio de campo, no ciclo de 2007, a 2, 7, 9 e 15 de Março. Os valores assinalados correspondem à proporção de gomos nos estados D e F (A), D (B), F e G (C) e F (D), para as modalidades N0 e N3. As imagens (à direita) ilustram os estados fenológicos dominantes no ensaio, em cada data.

As plantas N0 apresentaram um desenvolvimento dos gomos mais retardado relativamente a N3, podendo verificar-se que o período de plena floração (estado fenológico F) de N0 ocorreu, sensivelmente, dois a três dias após o período de plena floração de N3 (Fig. 7.21-B e 7.21-C), uma vez que a maior proporção de gomos no estado F (data de plena floração), na modalidade N3, ocorre em 7 de Março de 2007 (Fig. 7.21-B) e a data de plena floração da modalidade N0 ocorre a 9 de Março de 2007 (Quadro 7.21-C).

No dia 2 de Março de 2007 (Fig. 7.21-A), a percentagem de gomos no estado fenológico F era decrescente de N3 para N0, observando-se 32,4% de gomos no estado F nas plantas N3 e apenas 15,1% dos gomos das N0 se encontravam no mesmo estado. Para a mesma data, as plantas N0 apresentavam 62% dos gomos no estado D enquanto as plantas N3 apresentavam apenas 49,3% dos gomos nesse estado fenológico.

No dia 7 de Março de 2007 (Fig. 7.21-B), a percentagem de gomos no estado fenológico F era decrescente de N3 para N0, observando-se 20,4% de gomos no estado D nas plantas N0 e apenas 8,4% dos gomos no mesmo estado D, nas plantas N3.

No dia 9 de Março de 2007 (Fig. 7.21-C), era a modalidade N0 a apresentava a percentagem de gomos mais elevada no estado fenológico F, podendo considerar-se a data de plena floração. Nesta data, na modalidade N3, 59,3% dos gomos encontravam-se no estado fenológico G, observando-se apenas 38,9% dos gomos no estado G na modalidade N0.

As observações realizadas permitem afirmar que se verificou um efeito da fertilização azotada na fenologia das plantas, resultado também alcançado por Médiène *et al.* (2002), que referem um adiantamento da emergência das folhas do pessegueiro com o aumento da disponibilidade de azoto. Contudo, a diferença entre as datas de plena floração das modalidades extremas, no ensaio de campo, é muito ténue, comparativamente aos resultados observados no ensaio em vasos, em que se observou uma diferença de 15 dias (Fig. 6.28).

Em termos de aplicação prática, especificamente para esta cultivar que se caracteriza por uma floração muito temporã, a utilização de elevadas doses de fertilização azotada, provocando o adiantamento da floração, só virá agravar o risco de prejuízos causados pela ocorrência de geadas (Fig. 7.22), que pode levar à quebra total de produção (Silva, 2004; Jordão *et al.*, 2008).



Figura 7.22. Flores danificadas pela geada. A – aspecto do ramo; B – pormenor da flor no estado fenológico D, flor normal (Esq.) e flor com pistilo danificado (Dir.).

Para além do período de floração, Crisosto *et al.* (1997) e Kader (2002) referem uma influência do aumento da fertilização azotada no retardar da maturação dos frutos. Esse efeito foi também observado, neste ensaio, em 2006, mas não se verificou em 2007.

No ciclo de 2006, observou-se um atraso na maturação dos frutos de N3, com mais de 40% da produção de N3 a ser colhida depois de 1 de Julho, enquanto nas restantes modalidades mais de 70% da produção estava colhida nessa data (Fig. 7.23-A). Este atraso na maturação dos frutos não foi observado em 2007, verificando-se uma forte homogeneidade na maturação dos frutos, da qual resultou uma segunda colheita apenas residual, para qualquer das modalidades em estudo (Fig. 7.23-B).

Neste ciclo de 2007, o pequeno período de maturação dos frutos que resultou na concentração da colheita apenas em duas datas distintas, contrariamente ao ano anterior, poderá estar associado a condições climáticas de menor insolação observadas em 2007, não contribuindo de modo tão acentuado para o diferente desenvolvimento dos frutos, entre a zona superior e a zona inferior da copa (Farina *et al.*, 2005).

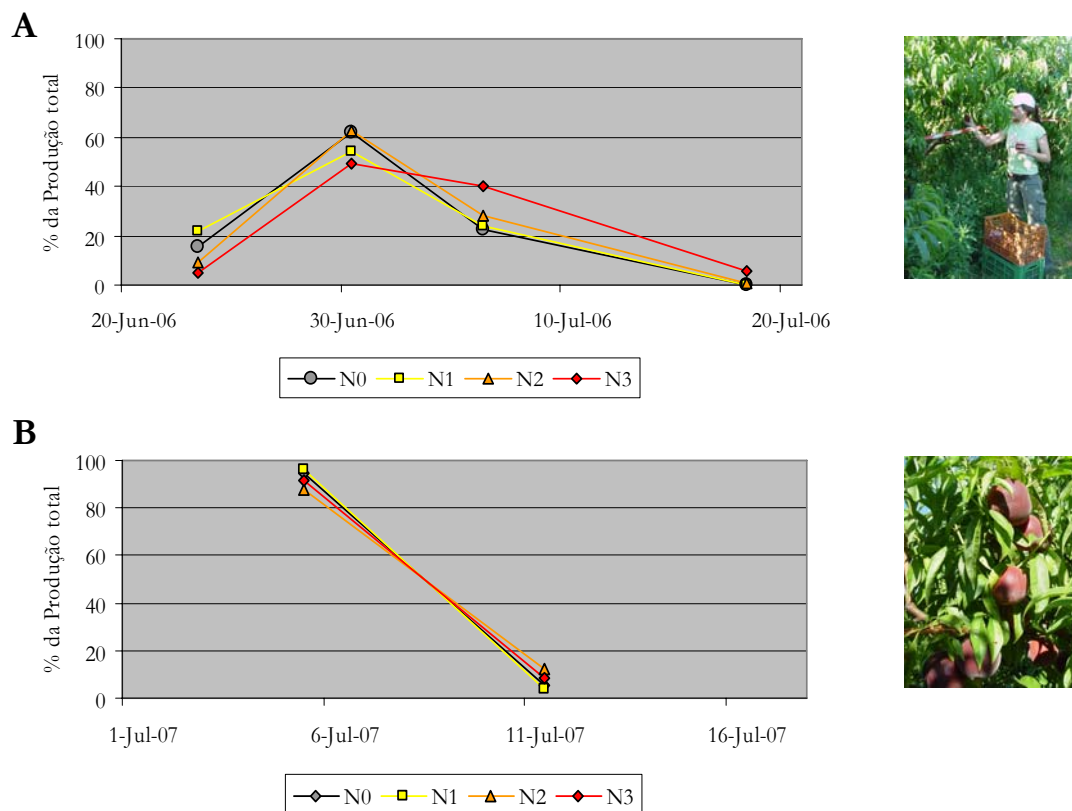


Figura 7.23. Escalonamento da colheita no ciclo 2006 (A) e ciclo 2007 (B).

7.3.5. Área foliar, comprimento e enrolamento das folhas, no ensaio de campo

A diferente morfologia das folhas, observada nas plantas das diferentes modalidades do ensaio Evasos, levou a que se procedesse também à avaliação da morfologia das folhas no ensaio de campo (Quadro 7.26).

Em 2005 a área foliar média por folha, 35,8 cm², foi inferior à observada em 2006 e em 2007, respectivamente 42,7 cm² e 44,8 cm². A menor área foliar, observada em 2005 poderá ser consequência do efeito conjugado das restrições hídricas resultantes da escassez de água (Cardoso, 2006) e da presença de ácaros eriofídeos e tetraniquídeos, com predominância do aranhaço amarelo (*Tetranychus urticae* Koch). Mobley e Marini (1990), em macieiras, referem que a presença de ácaros reduz a eficiência de utilização da água e o teor de clorofila das folhas, condicionando o seu desenvolvimento.

Quadro 7.26. Área foliar (cm²), comprimento (cm) e enrolamento das folhas (c/d)⁽¹⁾, no ensaio de campo.

Mod.	2005		2006		2007		
	Área /folha	Área /folha	Comp. da folha	c/d	Área /folha	Comp. da folha	c/d
N0	32,3	38,7 b	13,8 b	1,115	40,9 b	14,7 b	1,121
N1	35,7	42,6 a	14,2 ab	1,113	45,8 a	15,2 ab	1,109
N2	37,3	44,8 a	14,7 a	1,109	45,8 a	15,4 a	1,106
N3	35,9	45,0 a	14,8 a	1,113	46,7 a	15,4 a	1,130
Média	35,8	42,7	14,4	1,113	44,8	15,2	1,117
F _[3,240]	1,942	8,52	6,51	0,067	5,15	3,02	$\chi^2=1,62$
p	0,474	0,000	0,000	0,977	0,002	0,030	0,654
Sig.	ns	***	***	ns	**	*	ns

Nota: letras diferentes, em cada coluna, indicam diferenças significativas, segundo teste de Tukey, para $p < 0,05$ (*), $p < 0,01$ (**) e $p < 0,001$ (***).

⁽¹⁾ c=comprimento da folha; d=distância ápice-pecíolo.

Em 2006 e em 2007 a modalidade N0 apresentou, consistentemente, folhas com áreas foliares menores que as restantes modalidades, facto também observado no ensaio em vasos. No entanto, contrariamente ao observado no ensaio em vasos, as folhas das plantas N3 apresentaram a dimensão média de área foliar mais elevada, embora sem diferenças significativas relativamente às modalidades N1 e N2.

Não se verificou nenhum efeito da fertilização azotada no enrolamento das folhas, apresentando todas as modalidades uma razão c/d (comprimento/distância ápice-pecíolo) semelhante.

7.3.6. Valor de SPAD e estado de nutrição

O método mais usual de diagnóstico do estado de nutrição das plantas é a análise foliar e, recentemente, a análise de seiva e a análise de madeira de ramos com um ano, durante o período de repouso vegetativo (Johnson *et al.*, 2006). Qualquer dos métodos referidos é dispendioso, envolvendo sempre um período variável de tempo entre a amostragem e a análise do material amostrado. Embora a análise foliar seja um método bastante preciso de avaliação do estado de nutrição, os valores de referência disponíveis para interpretação dos resultados, no caso do pessegueiro, correspondem, quase sempre, a amostras colhidas durante o mês de Julho (Jones *et al.*, 1991; LQARS, 2006), o que reporta a obtenção de

resultados ao período após a colheita de frutos, no caso de cultivares temporãs. Este facto constitui-se como um factor limitante à intervenção do homem, com repercussão no ciclo decorrente, no que respeita à produção e/ou qualidade dos frutos.

O SPAD-502 mede a intensidade de cor verde das folhas, que está directamente relacionada com o teor de clorofila, facto já provado para diversas culturas (Porro *et al.*, 2001; Gianquinto *et al.*, 2006; Neto *et al.*, 2006). O teor de clorofila e a intensidade de cor verde estão relacionados com o estado de nutrição, nomeadamente com o teor de azoto, pelo que diversos autores têm estudado a relação entre a intensidade da cor verde das folhas e o teor de azoto, procurando deste modo validar a utilização do SPAD como meio de diagnóstico do teor de azoto foliar. No entanto, a coloração verde das folhas e daí o teor de clorofila não dependem apenas do teor de azoto. Monge *et al.* (1993), utilizando pessegueiros, estabeleceram correlações significativas entre os valores de SPAD e os teores de fósforo, potássio, ferro e cobre.

Tendo como objectivo a avaliação do SPAD como meio de diagnóstico do teor de azoto em pessegueiros, procedeu-se à determinação do valor de SPAD nas amostras de folhas utilizadas para análise foliar (Quadros 7.27 e 7.28), estabelecendo-se posteriormente as relações entre o valor de SPAD e os teores foliares dos diversos nutrientes, para a cv. Rich Lady, na primeira quinzena do mês de Junho.

Os valores de SPAD variaram entre 32 e 41 unidades em 2006 (Quadro 7.27), e entre 35 e 43, em 2007 (Quadro 7.28), observando-se sempre diferenças significativas entre modalidades, em todas as datas de observação.

Quadro 7.27. Valor médio de SPAD, no ciclo de 2006.

Modalidade	10 de Maio	12 de Junho	27 de Julho
N0	34,3 b	32,0 c	37,6 c
N1	34,7 b	32,8 bc	39,4 b
N2	34,9 b	34,2 ab	41,0 ab
N3	36,8 a	35,9 a	42,1 a
Média	35,2	33,7	41,0
F_[3,20]	12,41	11,69	19,48
p	0,000	0,000	0,000
Sig.	***	***	***

Nota: letras diferentes, em cada coluna, indicam diferenças significativas, segundo teste de Tukey, para $p < 0,05$ (*), $p < 0,01$ (**) e $p < 0,001$ (***).

Quadro 7.28. Valor médio de SPAD, no ciclo de 2007.

Modalidade	17 de Junho	27 de Julho	9 de Setembro
N0	35,6 c	38,1 c	37,9 c
N1	36,8 bc	39,1 bc	39,2 c
N2	37,5 b	40,2 ab	41,5 b
N3	39,2 a	41,7 a	43,1 a
Média	37,3	39,8	40,4
F _[3,20]	21,78	117,23	$\chi^2=19,95$
p	0,000	0,000	0,000
Sig.	***	***	***

Nota: letras diferentes, em cada coluna, indicam diferenças significativas, segundo teste de Tukey, para $p < 0,05$ (*), $p < 0,01$ (**) e $p < 0,001$ (***)

A fertilização diferencial em azoto deu origem a plantas com diferenças significativas ao nível do teor de azoto foliar, quer em 2006, quer em 2007, tendo provocado alterações ao nível do magnésio, enxofre e boro, em 2006, e ao nível do fósforo, magnésio, enxofre, ferro e zinco, em 2007 (Quadros 7.29 e 7.30). No entanto, apesar do teor de azoto foliar, para cada modalidade, ser muito semelhante entre os dois ciclos (Quadros 7.6 e 7.8), considerando a colheita de Junho, o valor de SPAD é bastante distinto, o que revela um efeito do ciclo, ou seja, das condições climáticas no valor de SPAD, o que está de acordo com resultados obtidos por Porro *et al.* (2006) e Neto *et al.* (2006). A variação anual do valor de SPAD exigiria, tal como refere Gianquinto *et al.* (2006), que, anualmente, se dispusesse de parcelas de aferição, o que oneraria bastante o procedimento.

O valor de SPAD apresenta, de um modo global, uma variação crescente ao longo do ciclo, considerando os valores médios para cada data, com excepção da observação de 10 de Maio de 2006. O modo crescente da variação do valor de SPAD é inverso ao observado relativamente ao teor de azoto foliar em pessegueiro da mesma cultivar, na mesma região, que apresenta valores decrescentes de Maio a Julho (Nunes, 2005; Pires, 2005; Ribeiro, 2006). Neto (2007), em pereira, refere valores médios de SPAD crescentes ao longo do ciclo, observando-se, simultaneamente, um teor de azoto foliar mais baixo no final do ciclo.

A aplicação da análise de regressão linear, utilizando os valores de cada ciclo isoladamente permitiu verificar que, em 2006, o valor de SPAD apresenta uma relação significativa com o azoto, enxofre, magnésio, manganês e boro, mas, apenas a relação

7. Avaliação da susceptibilidade a *Phomopsis amygdali*, de pessegueiros sujeitos a diferentes níveis de fertilização azotada, num pomar em produção – ensaio de campo

com o azoto e o enxofre apresentam um coeficiente de determinação superior a 50% (Quadro 7.29).

Quadro 7.29. Equações de regressão entre nutriente e valor de SPAD, em pessegueiros da cv. Rich Lady, no ESAn, em Junho de 2006.

Nutriente	Equações de regressão linear	R _a ²	F _[1,22]	p
N	Y= - 0,174 (ns) + 0,110 X	0,551	29,23	0,000
P	ns			
K	ns			
Ca	ns			
Mg	Y=0,972 (***) - 0,012 X	0,214	7,28	0,013
S	Y= - 0,171 (*) + 0,011 X	0,525	26,42	0,000
Fe	ns			
Mn	Y=0,842 (***) + 2,545 X	0,140	4,74	0,041
Zn	ns			
Cu	ns			
B	Y=53,549 (***) - 0,512 X	0,170	5,73	0,026

Quadro 7.30. Equações de regressão entre nutriente e valor de SPAD, em pessegueiros da cv. Rich Lady, no ESAn, em Junho de 2007.

Nutriente	Equações de regressão linear	R _a ²	F _[1,22]	p
N	Y= -2,443 (***) + 0,159 X	0,775	80,32	0,000
P	ns			
K	Y= 6,301 (***) - 0,097 X	0,305	11,07	0,003
Ca	ns			
Mg	Y=0,903 (***) - 0,012 X	0,422	17,76	0,000
S	Y= -0,116 (ns) + 0,007 X	0,482	22,41	0,000
Fe	Y= -31,05 (ns) - 2,633 X	0,268	9,43	0,006
Mn	ns			
Zn	Y= -4,404 (ns) - 0,599 X	0,168	5,64	0,027
Cu	ns			
B	ns			

Em Junho de 2007 o valor de SPAD apresentou uma relação significativa com o azoto, potássio, magnésio, enxofre, ferro e zinco (Quadro 7.30), mas apenas com o azoto, o coeficiente de determinação foi superior a 50% ($R_a^2=0,775$), o que indica uma baixa capacidade para avaliar o teor de qualquer dos nutrientes analisados, com base no valor de SPAD, com excepção do azoto.

Comparando as equações de regressão obtidas entre o valor de SPAD e o teor de azoto e de magnésio, em cada ciclo, verificamos que os coeficientes de determinação alcançados são bastante distintos, situação semelhante à obtida por Porro *et al.* (2001), para macieira e videira.

Os coeficientes de determinação alcançados em cada ciclo, no caso do azoto, são da mesma ordem de grandeza dos obtidos por Porro *et al.* (2001), para a macieira e por Neto *et al.* (2006), para a pereira, respectivamente $R^2=0,72$ e $R^2=0,59$. No que respeita ao coeficiente de determinação relativo ao magnésio, o valor é da mesma ordem de grandeza do obtido por Porro *et al.* (2001), para a videira, mas bastante inferior ao obtido por este autor para a macieira ($R^2=0,85$ a $0,99$).

Quando consideramos, de um modo conjunto, os dados referentes aos ciclos 2006 e 2007, obtiveram-se relações significativas entre o valor de SPAD e o teor de azoto, fósforo, potássio, magnésio, ferro e boro (Quadro 7.31), mas apenas se obteve um coeficiente de determinação superior a 0,5, entre o valor de SPAD e o magnésio e entre o valor de SPAD e o boro. Neto (2007), em pereira da cv. Rocha, considerando a época de 110 DAPF, alcançou uma relação significativa entre o valor de SPAD e o teor foliar de magnésio com um coeficiente de correlação de 0,41, não sendo significativa a correlação entre o valor de SPAD e os restantes nutrientes analisados. A autora refere ainda elevado coeficiente de correlação entre o valor de SPAD de folhas com 110 DAPF e o teor de magnésio em flores, frutos e folhas com 60 DAPF, respectivamente 0,70, 0,59 e 0,56.

É interessante verificar que, apesar de em cada ciclo a relação entre o valor de SPAD e o teor de azoto apresente o coeficiente de determinação mais elevado, o resultado obtido na relação entre o valor de SPAD e o teor de azoto, quando se utilizam os dados referentes aos dois ciclos, provoca uma falta de ajustamento na regressão ($R_a^2=0,22$). Este resultado vem reforçar o atrás referido, ou seja, a necessidade de aferição anual do valor de SPAD com o teor de azoto.

Por outro lado, a utilização dos dados referentes aos dois ciclos permitiu a obtenção de uma equação de regressão entre o valor de SPAD e o magnésio, com um coeficiente de

determinação de 0,657. Assim, a regressão obtida com base nos dados de ESAn de 2006 e 2007, cujo objectivo seria permitir uma utilização mais intemporal, conduziu a uma diminuição do coeficiente de determinação da relação entre o valor de SPAD e o teor de azoto, verificando-se um aumento no caso do magnésio (Quadro 7.31).

Quadro 7.31. Equações de regressão entre nutriente e valor de SPAD, em pessegueiros da cv. Rich Lady, no ESAn, em Junho, considerando globalmente os dados dos ciclos 2006 e 2007.

Nutriente	Equações de regressão linear	R _a ²	F _[1,46]	p
N	Y=1,599 (**)+ 0,053 X	0,220	14,27	0,000
P	Y=0,115 (**)+ 0,003 X	0,160	9,94	0,030
K	Y=4,788 (***) – 0,055 X	0,212	13,61	0,010
Ca	ns			
Mg	Y=1,289 (***) – 0,022 X	0,657	90,94	0,000
S	ns			
Fe	Y=170,475 (***) – 2,573 X	0,170	10,65	0,002
Mn	ns			
Zn	ns			
Cu	ns			
B	Y=64,76 (***) – 0,866 X	0,528	53,62	0,000

Para testar a possível utilização do valor de SPAD para a determinação do teor de azoto e de magnésio foliar, utilizaram-se os resultados referentes a três unidades de amostragem – UAs 505, 506 e 507 – acompanhadas no âmbito do projecto AGRO 452 (Simões e Carvalho, 2008), da mesma cultivar Rich Lady, constituídas por 15 árvores/UA, num total de 45 árvores, e para as quais, na mesma época, não só foi determinado o valor de SPAD, como foram realizadas análises foliares (Ribeiro, 2006). No Quadro 7.32 e 7.33 apresentam-se, respectivamente, os valores do teor de azoto e de magnésio foliar, obtidos pela utilização das rectas de regressão indicadas nos Quadros 7.29 e 7.31, bem como a diferença entre o valor calculado e o valor observado.

A equação entre o valor de SPAD e o azoto foliar, determinado com base em ensaios de fertilização, não permitiu avaliar, com um intervalo de segurança adequado, o teor de azoto foliar em três pomares da região (UA 505, 506 e 507), tal como se pode observar no Quadro 7.32. Com efeito, a diferença entre o valor de azoto foliar calculado

pela equação de regressão e o valor de azoto observado, pode atingir 0,9 unidades percentuais o que é um valor elevado quando comparado com a amplitude do intervalo de referência do teor considerado como suficiente por diversos autores (Jones *et al.*, 1991; LQARS, 2006).

Quadro 7.32. Determinação do teor de azoto foliar através da equação de regressão entre SPAD e teor de azoto foliar para a cv. Rich Lady.

UA	Regressão obtida com ESAn 2006		Regressão obtida com ESAn 2006 e 2007	
	N (%) Calc. Regressão N = - 0,174 + 0,110 SPAD	N (cal) - N (obs)	N (%) Calc. Regressão N = 1,599 + 0,053 SPAD	N (cal) - N (obs)
505	3,27	0,16 ± 0,32	3,26	0,15 ± 0,32
506	4,36	0,74 ± 0,16	3,79	0,16 ± 0,13
507	4,26	0,33 ± 0,14	3,73	-0,85 ± 0,17

Quadro 7.33. Determinação do teor de magnésio foliar através da equação de regressão entre SPAD e teor de azoto foliar para a cv. Rich Lady.

UA	Regressão obtida com ESAn 2006		Regressão obtida com ESAn 2006 e 2007	
	Mg (%) Calc. Regressão Mg = 0,972 - 0,012 SPAD	Mg (cal) - Mg (obs)	Mg(%) Calc. Regressão Mg = 1,289 - 0,022 SPAD	Mg (cal) - Mg (obs)
505	0,60	-0,013 ± 0,042	0,60	-0,009 ± 0,044
506	0,48	0,056 ± 0,033	0,38	-0,039 ± 0,038
507	0,49	0,077 ± 0,019	0,40	0,009 ± 0,022

Segundo os dados obtidos, para a cv. Rich Lady de pessegueiro, verifica-se de maior utilidade o uso do SPAD-502 para o diagnóstico do teor de magnésio foliar do que para o teor de azoto foliar, uma vez que o diferencial obtido entre o valor calculado e o valor observado é muito mais baixo.

Os resultados alcançados neste trabalho evidenciam que a utilização do medidor de clorofila SPAD-502 como meio de diagnóstico do teor de azoto foliar em pessegueiros, apresenta bastantes limitações, uma vez que se verifica uma forte influência das condições climáticas, revelando-se, no entanto, bastante promissor para o diagnóstico do teor de magnésio foliar.

7.3.7. Efeito da fertilização azotada na produção, no ensaio de campo

O objectivo final da actividade agrícola é a obtenção de produções elevadas garantindo a qualidade dessa mesma produção, uma vez que o rendimento resulta da conjugação das duas componentes. De entre as práticas agrícolas, a fertilização das culturas tem como fim fornecer às plantas os nutrientes que não se encontram em quantidade suficiente no solo, optimizando as condições do seu desenvolvimento de modo a atingir a elevada produção e qualidade dos frutos.

À semelhança das outras culturas, em pessegueiro, a disponibilidade em azoto condiciona a produção, sendo necessário encontrar o equilíbrio entre a disponibilidade de azoto que permite alcançar produções mais elevadas e, simultaneamente, a obtenção de frutos de boa qualidade e que induza ao desenvolvimento de plantas equilibradas, levando à sustentabilidade do sistema.

No ensaio de campo a produção foi baixa em 2005, e média a elevada em 2006 e em 2007 (Quadros 7.34 a 7.36).

Quadro 7.34. Produção de pêsego no ciclo 2005 (t·ha⁻¹), no ensaio de campo.

	Produção total	Produção comercial	Refugo		Calibre ≥ A (≥67 mm)
			(t/ha)	(% da prod. total)	(% da prod. total)
N0	9,20	6,01	3,16	30,03	13,71
N1	8,93	5,51	3,43	39,36	6,13
N2	8,45	5,91	2,54	29,08	5,29
N3	7,34	5,02	2,38	31,53	11,38
Média	8,50	5,61	2,88	32,50	9,13
F_[3,20]	0,27	0,21	0,50	1,12 ⁽¹⁾	$\chi^2_{[3,20]}=2,04$ ⁽¹⁾
p	0,847	0,889	0,687	0,370 ⁽¹⁾	0,563 ⁽¹⁾
Sig.	ns	ns	ns	ns	ns

⁽¹⁾ Análise realizada com base na transformação da variável através da raiz quadrada.

A produção total em 2005 foi muito baixa, tendo sido severamente condicionada pelas restrições hídricas e pela presença de ácaros.

Segundo o Instituto Nacional de Meteorologia (IM, 2005), o ano 2005 foi o ano mais seco dos últimos 100 anos, pelo que se verificaram severas restrições na disponibilidade de água.

O forte ataque de ácaros eriofídeos e tetraniquídeos (Figs. 7.24 e 7.25) que ocorreu neste ciclo resultou da conjugação das condições de escassez de água com a existência de pó resultante de obras numa estrada próxima, factores favoráveis ao desenvolvimento desta praga (Strand, 1999), e ainda da falta de eficácia da única substância activa autorizada para esta praga (fosalona), em protecção integrada (Cavaco *et al.*, 2006). Situação semelhante foi mencionada pela OA APPIZÊZERE⁸.



Figura 7.24. Pessegueiro com forte ataque de ácaros tetraniquídeos, sendo visíveis as características teias.



Figura 7.25. Folhas com uma cor verde acinzentado (em baixo), sintomatologia da presença de eriofídeos.

A conjugação da praga com a escassez de água acentuou as condições de stresse das plantas, se considerarmos que se verifica um decréscimo linear do teor de clorofila, da transpiração, da fotossíntese e da eficiência do uso da água, para o aumento de densidade de *Tetranychus urticae* (Mobley e Marini, 1990).

Para além da baixa produção, em 2005, o calibre dos frutos foi baixo, observando-se apenas 5% a 14% da produção total com calibre superior ou igual a A (Quadro 7.34).

O refugo variou entre 29% e 39% da produção total, o que evidencia as condições de produção adversas.

Em 2006 (Quadro 7.35), a produção total média foi de 27,1 t ha⁻¹, valor da mesma ordem de grandeza da produção média dos pomares de pessegueiros da região, acompanhados no âmbito do projecto Agro 452 na região da Beira Interior (Pires, 2005; Ribeiro, 2006; LQARS, 2008), mas acima da média de produção observada em França,

⁸ Colóquio Estimativa de Risco, organizado pelo COTHN, em 2006 (dados não publicados).

referida por Plenet *et al.* (2003), quer para as cultivares de estação consideradas globalmente (26,4 t ha⁻¹), quer para a cv. Rich Lady (24,4 t ha⁻¹).

Quadro 7.35. Produção de pêsego no ciclo 2006 (t ha⁻¹), no ensaio de campo.

	Produção total	Produção comercial	Refugo		Calibre ≥A (≥67 mm)
			(t/ha)	(% da prod. total)	(% da prod. total)
N0	24,95	22,72	2,23	8,48	78,87
N1	25,01	22,94	2,14	8,94	79,13
N2	30,61	28,25	2,36	7,32	72,69
N3	27,59	24,59	3,00	11,08	74,47
Média	27,06	24,63	2,43	8,96	76,29
F_[3,20]	0,90	1,01	0,738	1,63 ⁽¹⁾	0,67 ⁽¹⁾
p	0,459	0,407	0,542	0,58 ⁽¹⁾	0,580 ⁽¹⁾
Sig.	ns	ns	ns	ns	ns

⁽¹⁾ Análise realizada com base na transformação da variável através da raiz quadrada.

A proporção de frutos de refugo foi bastante baixa, em média 9% da produção total, o que reflecte não só as condições climáticas favoráveis ao vingamento e desenvolvimento dos frutos, como uma eficiente implementação das operações culturais, nomeadamente rega, monda de frutos, protecção fitossanitária e colheita.

Para além da baixa proporção de frutos de refugo, 73% a 79% da produção total foi de calibre igual ou superior a A.

Apesar de se registar uma diferença superior a 5 t ha⁻¹ entre a modalidade N0 e a modalidade N2 relativamente à produção total, não se observaram diferenças significativas entre as modalidades para qualquer dos parâmetros analisados.

A produção total em 2007 (Quadro 7.36) foi ligeiramente inferior à obtida no ciclo 2006, e com uma percentagem de frutos de refugo superior (17,4%).

À semelhança dos resultados obtidos em 2006, não se verificaram diferenças significativas entre as modalidades, para qualquer dos parâmetros de produção analisados, observando-se, no entanto, uma diferença de 7,5 t ha⁻¹ entre as modalidades N2 e N0, o que corresponderá seguramente a um acréscimo de rendimento, objectivo principal da fertilização (Lovatt, 2008). Para além da diferença de produção, a modalidade N2 apresentou a menor percentagem de frutos de refugo e a maior percentagem de frutos de calibre igual ou superior a A.

Quadro 7.36. Produção de pêsego no ciclo 2007 (t·ha⁻¹), no ensaio de campo.

	Produção total	Produção comercial	Refugo		Calibre ≥A (≥67 mm)
			(t·ha ⁻¹)	(% da prod. total)	(% da prod. total)
N0	19,89	16,43	3,46	18,11	75,08
N1	26,12	20,94	5,19	20,97	70,92
N2	27,40	23,80	3,60	13,36	77,07
N3	25,53	21,04	4,49	16,96	75,46
Média	24,74	20,55	4,19	17,35	74,63
F_[3,20]	1,05	1,15	1,57	2,67 ⁽¹⁾	1,76 ⁽¹⁾
p	0,394	0,352	0,228	0,08 ⁽¹⁾	0,187 ⁽¹⁾
Sig.	ns	ns	ns	ns	ns

⁽¹⁾ análise realizada com base na transformação da variável através da raiz quadrada.

Em termos económicos, uma diferença de 2 a 7 t·ha⁻¹ de frutos comercializáveis pode corresponder a um acréscimo de rendimento bruto não negligenciável.

A inexistência de diferenças significativas entre as modalidades poderá estar relacionada com a elevada variabilidade entre árvores dentro do pomar, situação muito frequente em ensaios de campo, à semelhança do referido por Coneva e Cline (2006).

A menor produção obtida no ciclo vegetativo de 2007 poderá estar associada às temperaturas mais amenas que se registaram neste ciclo, embora a temperatura média, no período da floração à colheita, não tenha sido muito diferente entre os ciclos, sendo respectivamente, 18,9°C em 2005, 17,7°C em 2006 e 16,3°C em 2007.

DeJong (2006) evidenciou a influência da temperatura no período dos 30 dias subsequentes à floração, no crescimento dos frutos e na época de colheita. O autor refere que Primaveras quentes, em que se verifique um elevado somatório de graus-hora, entre 7°C e 35°C, pode conduzir a desequilíbrios entre a necessidade de fotoassimilados por parte dos frutos e a capacidade de remobilização de reservas por parte da raiz, interferindo com a produção e período total de desenvolvimento dos frutos. O cálculo aproximado do somatório dos graus-hora no período de 30 dias após a floração, nos ciclos acompanhados no âmbito deste estudo, permitiu verificar que, em 2007, o somatório de graus-hora (°C·h), entre 7°C e 35°C, foi de 2486°C·h, valor bastante inferior ao observado nos ciclos anteriores, respectivamente, 5016°C·h em 2005, e 4363°C·h em 2006. Estas condições podem ter influenciado negativamente o desenvolvimento inicial dos frutos, resultando

menos positivo o efeito da monda de frutos que, segundo Gautier (1988), para ser vantajosa, deverá ter lugar 20 dias após plena floração.

Considerando apenas 2006 e 2007, uma vez que 2005 se caracterizou por condições anómalas, não se observaram diferenças significativas na produção comercializável, entre as modalidades (Fig.7.26).

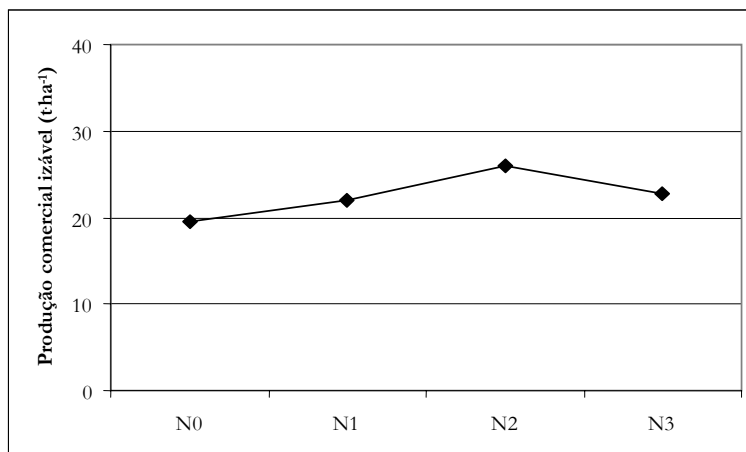


Figura 7.26. Produção comercializável por modalidade, no período 2006-2007.

Daane *et al.* (1995), com nectarina da cv. Fantasia, não observaram efeito significativo do azoto na produção, para quatro níveis de azoto utilizado, registando, no entanto, produções significativamente mais baixas na modalidade sem azoto. Resultados semelhantes foram obtidos por Wrona *et al.* (2001), em macieiras, e utilizando três modalidades de fertilização azotada e por Neto (2007), com pereira da cv. Rocha.

Para identificação da relação entre o estado de nutrição das plantas e a produção, introduziu-se a variável produção total (Prodt), como variável suplementar, na ACP realizada com base no estado de nutrição. A análise dos resultados baseia-se nas correlações da variável produção com as variáveis de nutrição (Quadro 7.37), na representação gráfica da variável produção no círculo de correlações (Fig. 7.27), e nos valores das coordenadas e do \cos^2 da variável produção, relativamente a cada uma das componentes (Quadro 7.38).

A produção total encontra-se mal representada no primeiro plano factorial da ACP, em qualquer dos ciclos em estudo (Fig. 7.27 e Quadro 7.38). Com efeito, o valor de \cos^2 foi

7. Avaliação da susceptibilidade a *Phomopsis amygdali*, de pessegueiros sujeitos a diferentes níveis de fertilização azotada, num pomar em produção – ensaio de campo

sempre muito baixo, pelo que poderemos concluir que, neste ensaio, a produção total foi fracamente condicionada pelo estado de nutrição das plantas.

Quadro 7.37. Correlações entre produção total e nutrientes, extraídas da Análise de Componentes Principais.

	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Mn	Zn	Cu	B
2005	-0,02	0,16	-0,32	0,01	0,12	-0,17	-0,41	0,23	0,36	-0,42	-0,05
2006	0,19	-0,05	0,10	0,37	0,33	0,12	0,33	0,04	-0,31	0,00	0,07
2007	0,10	-0,20	-0,16	-0,19	0,22	0,05	0,14	0,21	0,03	0,26	-0,26

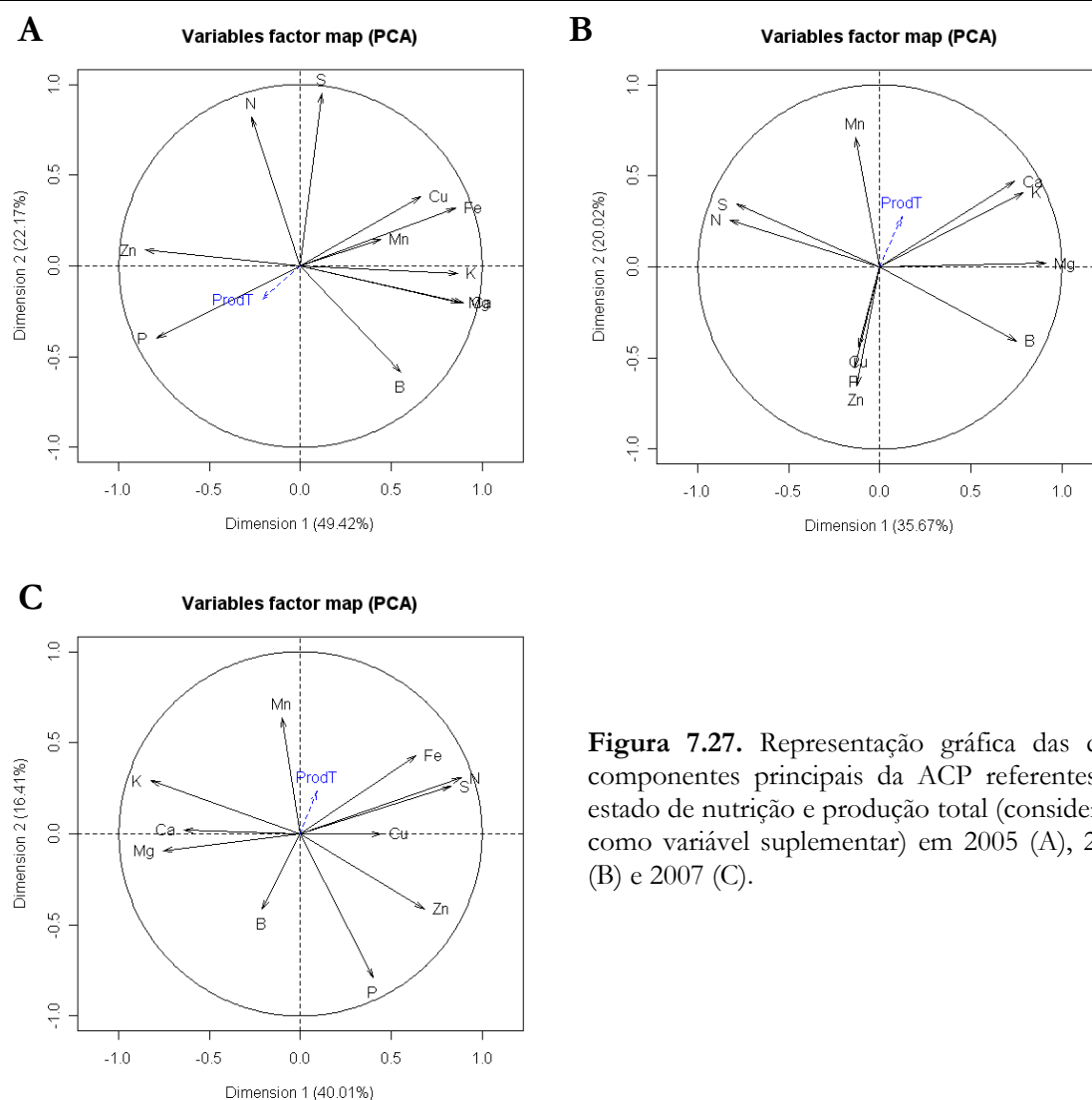


Figura 7.27. Representação gráfica das duas componentes principais da ACP referentes ao estado de nutrição e produção total (considerada como variável suplementar) em 2005 (A), 2006 (B) e 2007 (C).

Quadro 7.38. Coordenadas e \cos^2 da variável produção total nas duas componentes da Análise de Componentes Principais.

	1. ^a comp.		2. ^a comp.	
	Coordenada	Cos ²	Coordenada	Cos ²
2005	-0,21	0,05	-0,19	0,03
2006	0,12	0,01	0,27	0,08
2007	0,09	0,01	0,24	0,06

Ao longo do período do ensaio, a produção total apresentou correlações baixas com os diferentes nutrientes, sendo, no entanto, de assinalar uma constante correlação positiva com o magnésio. Em 2006, em que se observaram as correlações mais elevadas, a produção total apresentou uma correlação positiva com o cálcio, magnésio e ferro e uma correlação negativa com o zinco.

A conjugação dos resultados alcançados a nível da produção e do acréscimo de vigor põe em evidência o efeito nefasto do excesso de azoto que, promovendo a emissão de lançamentos vigorosos, induz a aparência de planta saudável sem que haja correspondência com maior produção e calibre dos frutos (Crisosto *et al.*, 1997).

De um modo geral, nos pomares de pessegueiros da região da Beira Interior, o solo apresenta teores baixos em magnésio (ponto 4), e do conjunto dos pomares da cv. Rich Lady estudados (ponto 5) verificou-se, também, que o teor foliar de magnésio foi baixo, variando entre 0,25% e 0,60%, e estando frequentemente abaixo de 0,37% indicado como limite inferior do valor considerado como adequado (Jordão *et al.*, 2008). Este facto, associado à correlação obtida entre a produção total e o magnésio (Quadro 7.37), poderá indicar, em termos globais, que este elemento poderá ser um factor limitante da produção, nesta região.

A relação entre a produção comercializável e o teor foliar de magnésio (Fig. 7.28) foi linear, positiva e altamente significativa, embora com um coeficiente de determinação baixo ($R_a^2=0,334$).

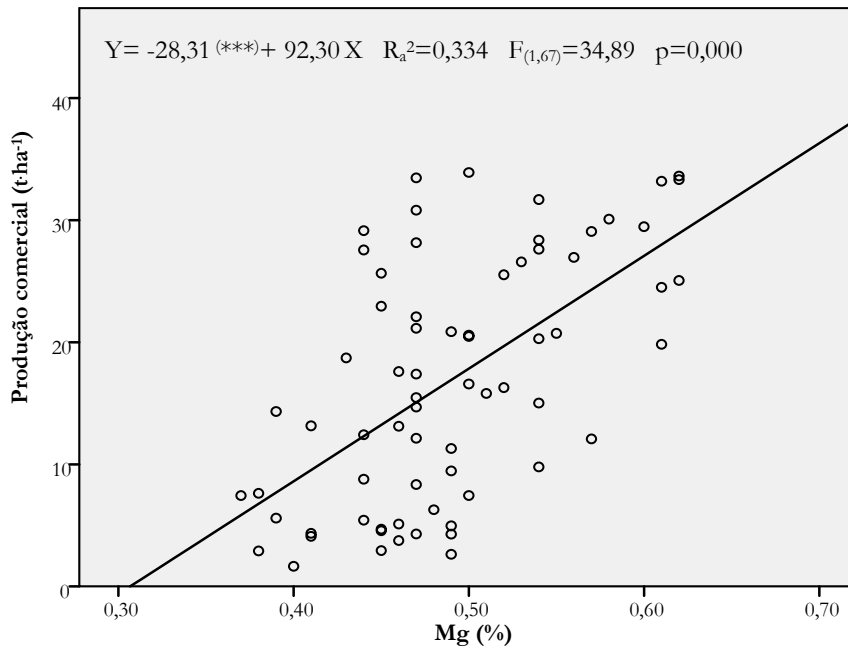


Figura 7.28. Relação entre a produção comercial e o teor foliar de magnésio, no ensaio de campo.

Carranca *et al.* (1993), trabalhando com laranjeira na região do Setúbal, utilizando a análise de componentes principais, observaram uma relação positiva estreita entre o peso dos frutos e o teor foliar de magnésio nos lançamentos com frutos.

7.3.8. Efeito da fertilização azotada na qualidade dos frutos, no ensaio de campo

Para além da produção comercial, o rendimento de um pomar está intimamente associado à qualidade dos frutos. A qualidade dos frutos pode ser analisada sob diferentes perspectivas, utilizando diferentes tipos de parâmetros, físicos e químicos, de impacto visual e de carácter organoléptico/gustativo. Sejam quais forem os parâmetros considerados, a qualidade dos frutos está intimamente relacionada com a cultivar, as condições ambientais, as condições de produção e do processo de maturação (Kader, 2002).

Considerando o descrito no ponto 7.2, a análise da qualidade dos frutos foi realizada tendo em conta:

- i) o calibre, parâmetro utilizado na valorização da produção;

- ii) a dureza, teor de sólidos solúveis (avaliado pelo índice refractométrico - IR) e a acidez, que caracterizam a qualidade gustativa;
- iii) a cor, parâmetro visual, com especial relevância na realização da colheita e também na selecção realizada pelo consumidor.

7.3.8.1. Efeito da fertilização azotada no calibre dos frutos

Em fruteiras, o calibre dos frutos é determinante no rendimento, sendo objectivo do fruticultor a obtenção da máxima quantidade, na classe de calibre mais valorizada.

Neste ensaio não se observou um efeito significativo da fertilização azotada no calibre dos pêssegos, para qualquer dos ciclos acompanhados (Quadros 7.39 a 7.41).

Quadro 7.39. Distribuição da produção pelas classes de calibre comercializáveis, no ciclo de 2005 (% produção total).

	Calibre C (56-61)	Calibre B (61-67)	Calibre A (67-73)	Calibre AA (73-80)	Calibre ≥AAA (≥80)	Índice de calibre
N0	30,0	26,3	13,7	0	0	1,75
N1	31,3	23,8	6,1	0	0	1,57
N2	37,4	29,2	5,3	0	0	1,55
N3	35,6	25,7	11,4	0	0	1,74
Média	33,6	26,3	9,1	0	0	1,65
F _[3,20]	$\chi^2_{[3,20]}=1,40$ ⁽¹⁾	0,20 ⁽¹⁾	0,68 ⁽¹⁾			0,646
p	0,706	0,896	0,577			0,594
Sig.	ns	ns	ns			ns

⁽¹⁾ Análise realizada com base na transformação da variável através da raiz quadrada, à excepção do índice de calibre.

O índice de calibre, calculado de acordo com o referido no ponto 6.2.6, permite uma avaliação rápida da dimensão média dos frutos, no conjunto da produção comercial.

Em 2005 predominaram as classes de calibre mais baixas, com o índice de calibre médio de 1,65, consequência das condições bastante desfavoráveis, no que respeita às disponibilidades hídricas, com reflexos quer na produção quer no calibre dos frutos.

Nos ciclos de 2006 e de 2007, predominaram as classes de calibre superior a 67 mm, com o índice de calibre a variar entre 3 e 4 valores, o que indica uma elevada proporção de frutos nas classes de calibre mais elevadas.

Quadro 7.40. Distribuição da produção pelas classes de calibre comercializáveis, no ciclo de 2006 (% da produção total).

	Calibre C (56-61)	Calibre B (61-67)	Calibre A (67-73)	Calibre AA (73-80)	Calibre ≥AAA (≥80)	Índice de calibre
N0	1,4	11,2	30,4	37,9	10,6	3,49
N1	2,7	9,2	28,5	43,6	7,0	3,48
N2	3,8	16,2	29,9	34,6	8,5	3,29
N3	2,8	11,3	30,4	36,3	10,7	3,43
Média	2,7	12,0	29,8	38,1	9,7	3,42
F_[3,20]	0,75 ⁽¹⁾	0,80 ⁽¹⁾	0,05 ⁽¹⁾	1,05 ⁽¹⁾	0,06 ⁽¹⁾	0,325
p	0,537	0,508	0,984	0,394	0,980	0,801
Sig.	ns	ns	ns	ns	ns	ns

⁽¹⁾ Análise realizada com base na transformação da variável através da raiz quadrada, à excepção do índice de calibre.

Quadro 7.41. Distribuição da produção pelas classes de calibre comercializáveis, no ciclo de 2007 (% da produção total).

	Calibre C (56-61)	Calibre B (61-67)	Calibre A (67-73)	Calibre AA (73-80)	Calibre ≥AAA (≥80)	Índice de calibre
N0	1,3	5,5	17,7	33,7	23,7	3,91
N1	1,8	6,3	16,5	32,2	22,2	3,86
N2	2,6	6,9	17,3	35,2	24,5	3,83
N3	1,5	6,1	13,8	33,7	28,0	3,97
Média	1,8	6,2	16,3	33,7	24,6	3,89
F_[3,20]	1,16 ⁽¹⁾	0,20 ⁽¹⁾	0,35 ⁽¹⁾	0,25 ⁽¹⁾	0,35 ⁽¹⁾	0,298
p	0,350	0,896	0,792	0,864	0,789	0,827
Sig.	ns	ns	ns	ns	ns	ns

⁽¹⁾ Análise realizada com base na transformação da variável através da raiz quadrada, à excepção do índice de calibre.

A ausência de efeito da fertilização azotada no calibre dos frutos (avaliado pelo peso médio do fruto) foi referida por Daane *et al.* (1995) para nectarina, Lindhard e Hansen (1997) para cerejeira e Raina *et al.* (2005) para o alperce. Fallahi *et al.* (2001), em macieira, no 5.º ciclo de fertilização diferencial, apenas obtiveram menor calibre na modalidade N4 (para um conjunto de cinco modalidades de fertilização azotada), embora esse resultado não fosse constante ao longo do período do ensaio.

A relação entre o índice de calibre e a produção total (não sendo considerados os resultados referentes a 2005) foi linear, negativa e altamente significativa (Fig. 7.29), embora com um coeficiente de determinação baixo ($R_a^2=0,314$), o que poderá indicar que o calibre dos frutos está condicionado por outros factores, além da produção.

O índice de calibre aproxima-se do valor três, para uma produção de 50 t ha^{-1} , o que equivale a obter mais de 50% dos frutos nas classes de calibre igual ou superior a A (Fig. 7.29). Este resultado indica que, sem grave prejuízo do calibre, poder-se-á aumentar a carga das árvores, mantidas as condições de produção observadas em 2006 e em 2007.

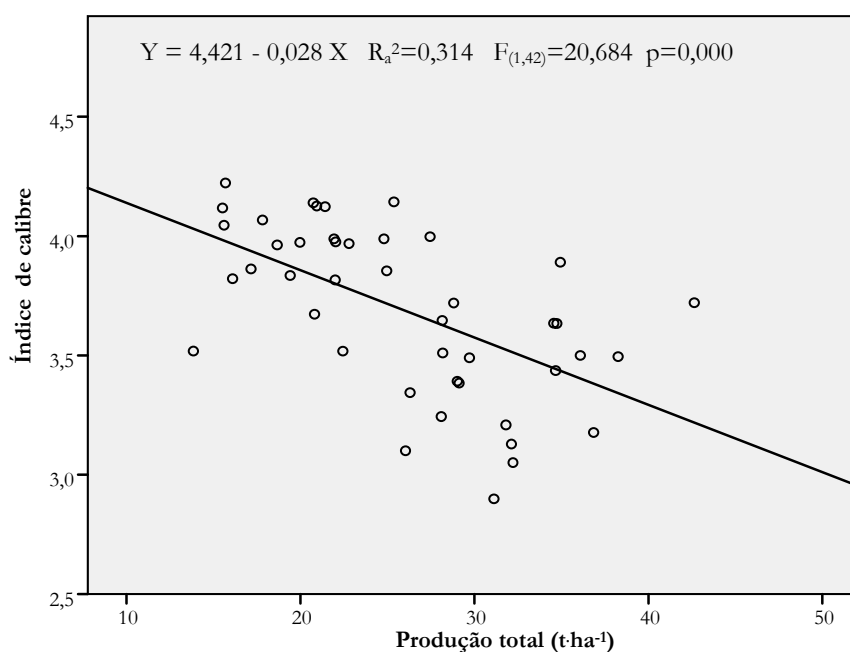


Figura 7.29. Relação entre índice de calibre e produção total, no ensaio de campo.

Na região da Beira Interior, a possibilidade do aumento da carga das árvores, em pomares de pessegueiros, com o conseqüente aumento da produção total, desde que esteja salvaguardada a existência de recursos hídricos e a correcta rega dos pomares, foi uma das conclusões do trabalho desenvolvido no âmbito do projecto Agro 452 (Simões e Carvalho, 2008). Segundo os mesmos autores, a produção média desta cultivar, na região, considerando o período 2004 a 2006, foi de 17,5 t ha^{-1} , com produção máxima de 42 t ha^{-1} , não correspondendo às produções mais elevadas os calibres mais baixos.

7.3.8.2. Efeito da fertilização azotada na dureza, índice refractométrico e acidez dos frutos, no ensaio de campo

No final do período de desenvolvimento dos frutos (estado fenológico I), inicia-se o processo fisiológico da maturação, que se reflecte em alterações num conjunto de parâmetros, que podem ser utilizados como índices de maturação.

Contrariamente à maioria dos produtos hortícolas, nos frutos, o estado de maturação óptimo para a colheita não corresponde ao estado de maturação óptimo para consumo em fresco (Kader, 2002), sendo necessário encontrar os índices de maturação que melhor consigam monitorizar a evolução da maturação e que, não só auxiliem o agricultor, como permitam uma cabal fiscalização e regulamentação do mercado.

No conjunto dos índices de maturação definidos por Avelar (1993) e Kader (2002), o tamanho, avaliado através do calibre, e a cor, são os primeiros parâmetros utilizados, na medida em que, no acto de colheita, o operador vai seleccionar os frutos pelo tamanho e cor característicos de um estado de maturação previamente definido. Da exactidão do trabalho desenvolvido pelos operadores de colheita depende, numa última etapa de trabalho no pomar, a qualidade do lote de frutos colhidos.

Por outro lado, o parâmetro de qualidade dos frutos, que determina, em última análise, a data de colheita, é a dureza, devido à sua influência não só na quantidade de refugo como na longevidade e na qualidade pós-colheita. Assim, na operação de colheita pretende-se retirar todos os frutos que se encontrem no intervalo de dureza previamente estabelecido, uma vez que, com a perda de dureza, o manuseamento dos frutos se torna problemático. No entanto, a selecção dos frutos, pelo operador, baseia-se no calibre e na percepção da cor.

A procura dos parâmetros de maturação que permitam acompanhar a evolução do processo de maturação, ajudando na fixação da data de colheita de modo a obter frutos de elevada qualidade, tem sido objecto de estudo por diversos autores (Delwiche, 1987; Kader e Mitchell, 1989; Murray *et al.*, 1998; Kader, 2002). De entre esses parâmetros, a dureza dos frutos e o índice refractométrico são os mais utilizados (Avelar, 1982; Valero *et al.*, 2006).

Em cada ciclo, a determinação da data de colheita baseou-se na monitorização da evolução da dureza e IR, nos 10 a 15 dias anteriores à previsível data de colheita. Na Figura 7.30, pode calcular-se que, ao longo do processo de maturação, a diminuição da dureza dos frutos da cv. Rich Lady foi de 0,12 a 0,21 kg/0,5cm²·dia⁻¹, nas duas semanas antes da colheita.

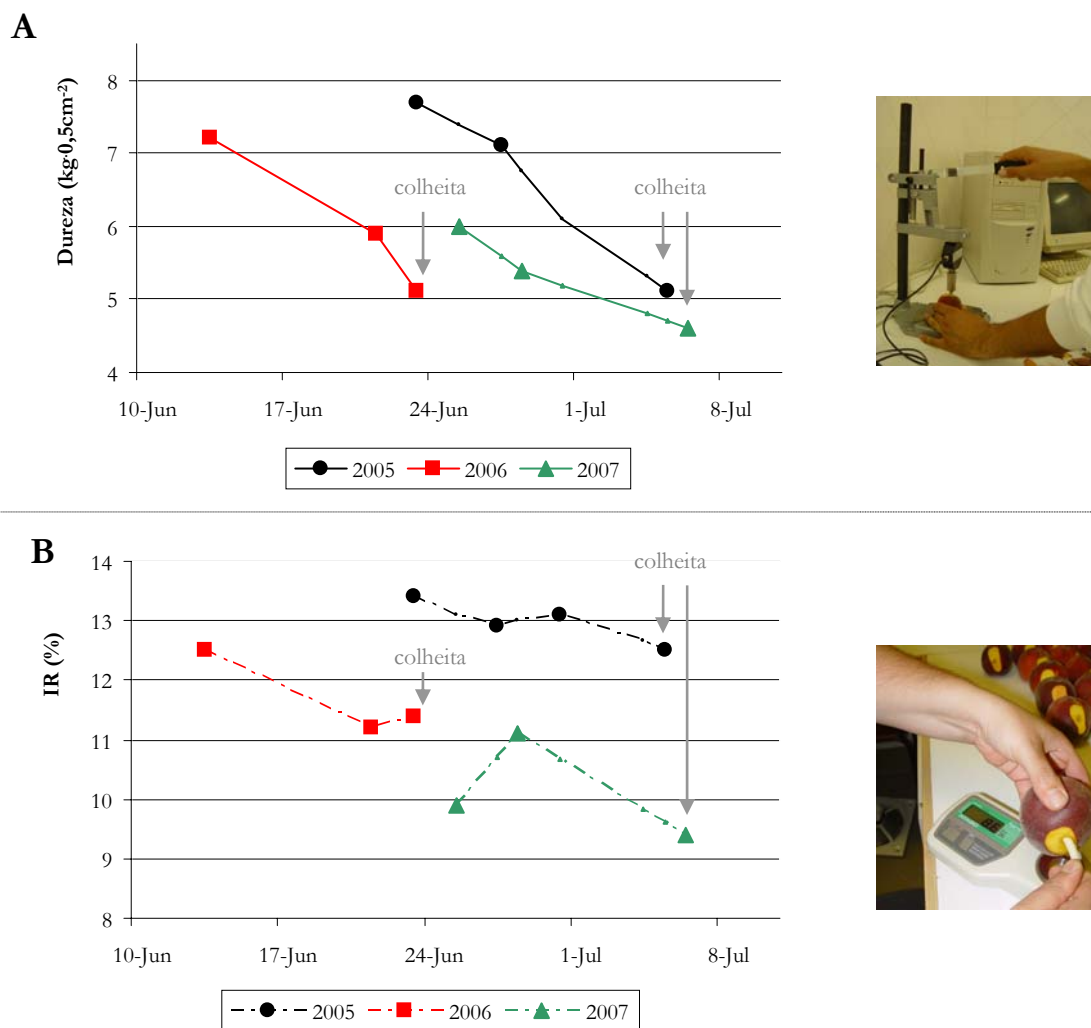


Figura 7.30. Evolução da dureza (A) e IR (B) na cv. Rich Lady, em 2005, 2006 e 2007.

A intensidade de redução da dureza está dependente da temperatura média, tendo-se verificado que, em 2005, com uma temperatura média de 24,9°C, no período em análise, a redução da dureza dos frutos foi de 0,23 kg·0,5cm⁻²·dia⁻¹. Em 2006, com uma temperatura média de 22,2°C, a redução de dureza dos frutos foi de 0,21 kg·0,5cm⁻²·dia⁻¹ e, em 2007, com uma temperatura média de 21,4 °C, a redução de dureza dos frutos foi de 0,12 kg·0,5cm⁻²·dia⁻¹.

O acompanhamento da evolução da maturação dos frutos, pela avaliação da dureza e do IR (Fig. 7.30), permite ainda verificar que o IR da amostragem é frequentemente superior ao IR observado na colheita, facto relacionado com a menor dimensão da amostra e que, por isso, corresponde a uma melhor selecção dos frutos

durante a amostragem, relativamente à colheita, em que os frutos são colhidos com um critério de selecção menos preciso uma vez que se trata de um trabalho mais massivo. Apesar da diferença de valores entre a amostragem e a colheita, a avaliação da dureza é um índice de grande utilidade na determinação da data de colheita (Kader e Mitchell, 1989).

Considerando os resultados referentes à dureza, IR e acidez, obtidos à colheita, podemos afirmar que existe um efeito da fertilização azotada na qualidade dos frutos, nomeadamente na dureza e na acidez dos frutos (Quadros 7.42 a 7.44).

Quadro 7.42. Efeito da fertilização azotada na dureza, IR e acidez dos frutos, à colheita, no ensaio de campo, em 2005.

Modalidade	Dureza (kg/0,5cm ²)	IR (%)	Acidez (g ác. málico·L ⁻¹)
N0	4,0 ab	13,9	8,3 c
N1	3,5 b	14,1	6,9 d
N2	5,3 a	14,1	8,7 a
N3	4,8 ab	13,5	8,6 b
Média	4,4	13,9	8,2
F _[3,20]	3,83	0,30	1566,0
p	0,026	0,828	0,000
Sig.	*	ns	***

Nota: letras diferentes, em cada coluna, indicam diferenças significativas, segundo teste de Tuckey, para $p < 0,05$ (*), $p < 0,01$ (**) e $p < 0,001$ (***).

No ciclo de 2005 observaram-se diferenças significativas na dureza dos frutos, entre N2 e N1, não se verificando diferenças significativas no que respeita ao IR, o que indica frutos com menor resistência ao manuseamento e menor conservação, para o mesmo teor de açúcares solúveis, na modalidade N1. É de realçar o valor elevado de IR, com valores bastante superiores ao valor mínimo de 10%, referido por Kader (2002), e aproximadamente o dobro do referido por Murray *et al.* (1998) para a cv. Flordaking (7,7%), na Argentina. O valor médio de IR, em 2005, foi muito superior ao observado em 2006 e 2007, facto possivelmente relacionado com a menor produção e escassez de água.

Em 2006 os frutos foram colhidos com uma dureza média de 4,8 kg/0,5cm², ligeiramente superior à dureza média obtida em 2005, embora não diferindo

significativamente entre si (Quadro 7.43), não se observando um efeito significativo da fertilização na dureza dos frutos. O IR variou entre 10,0% e 10,8%, observando-se um efeito significativo da fertilização azotada. Para homogeneidade de valores de dureza, a modalidade N3 apresenta frutos com um IR mais baixo que as modalidades N0 e N1, ou seja, doses mais elevadas de azoto deram origem a frutos com menor teor de açúcares.

Quadro 7.43. Efeito da fertilização azotada na dureza, IR e acidez dos frutos, à colheita, no ensaio de campo, em 2006.

Modalidade	Dureza (kg·0,5cm ⁻²)	IR (%)	Acidez (g ác. málico·L ⁻¹)
N0	4,8	10,7 a	8,2 b
N1	4,8	10,8 a	8,6 ab
N2	4,7	10,5 ab	8,5 b
N3	4,8	10,0 b	9,3 a
Média	4,8	10,4	8,7
F _[3,20]	0,011	3,18	7,99
p	0,998	0,046	0,001
Sig.	ns	* (a)	**

Nota: letras diferentes, em cada coluna, indicam diferenças significativas, segundo teste de Tukey, para p<0,05(*), p<0,01(**) e p<0,001(***); (a)- apenas para o teste LSD.

À semelhança dos resultados alcançados em 2005, observou-se um efeito significativo da fertilização azotada na acidez dos frutos. A modalidade N3 foi a que apresentou os frutos mais ácidos, embora não se observem diferenças significativas relativamente à modalidade N1. As modalidades N0, N1 e N2 constituem-se como um grupo homogêneo relativamente à acidez dos frutos.

Em 2007, devido às condições climáticas, caracterizadas por baixas temperaturas médias e menor número de horas de luz, o IR nas diferentes amostragens realizadas para a determinação da data de colheita, apresentava-se abaixo de 10%. Com o intuito de conseguir um IR próximo de 10%, a data de início de colheita foi determinada para a obtenção de frutos com uma dureza próxima de 4 kg·0,5cm⁻², mais baixa que a do ciclo anterior, mas ainda dentro do intervalo considerado como adequado por Cavaco *et al.* (2006). Apesar desse procedimento, à colheita, os frutos apresentaram um valor de IR inferior a 10% (Quadro 7.44), referido por Hilaire e Giaque (1994) como limite mínimo de qualidade.

Quadro 7.44. Efeito da fertilização azotada na dureza, IR e acidez dos frutos, à colheita, no ensaio de campo, em 2007.

Modalidade	Dureza (kg·0,5cm ⁻²)	IR (%)	Acidez (g ác. málico·L ⁻¹)
N0	4,2	9,1	7,9 bc
N1	4,4	9,3	7,6 c
N2	4,6	9,3	8,1 b
N3	4,1	9,3	8,8 a
Média	4,3	9,2	8,1
F_[3,20]	1,88	0,21	$\chi^2_{[3,20]}=13,18$
p	0,166	0,889	0,004
Sig.	ns	ns	**

Nota: letras diferentes, em cada coluna, indicam diferenças significativas, segundo teste de Tukey, para $p < 0,05$ (*), $p < 0,01$ (**); (a)- diferenças significativas para $\alpha \leq 0,05$ só para o teste LSD.

O IR variou entre 9,1% e 9,3% e a dureza entre 4,1 e 4,6 kg·0,5cm⁻², observando-se homogeneidade entre modalidades. Neste ciclo (2007) apenas se verifica um efeito significativo da fertilização azotada na acidez dos frutos. As plantas N0 e N1 apresentaram frutos com menor acidez que os frutos das modalidades N2 e N3, sendo os frutos desta última modalidade os mais ácidos. Apesar de não se observar diferenças significativas na dureza dos frutos, verifica-se que a modalidade N2 apresenta os frutos com uma dureza ligeiramente mais elevada, observando-se um decréscimo da dureza dos frutos da N3, relativamente a N2, aproximando-se dos valores de N0 e N1.

O valor médio de IR foi de 9,3%, abaixo de 11%, valor referido por Crisosto e Crisosto (2005) como limite mínimo para uma elevada aceitação por parte do consumidor, em cultivares com teor de acidez na mesma ordem de grandeza da obtida neste ensaio.

A análise global dos dados dos três ciclos (Quadro 7.45) permite verificar que houve um efeito da fertilização azotada na qualidade dos frutos, nomeadamente na dureza e na acidez. Fertilizações mais abundantes em azoto deram origem a frutos com acidez mais elevada, resultados semelhantes aos obtidos por Habib (2000), em pessegueiros da cv. Fidelia sujeitos a fertilização azotada, no final da Primavera. No entanto, Daane *et al.* (1995), em nectarina da cv. Fantasia, não observaram um efeito significativo da fertilização azotada no IR e na acidez dos frutos. Um efeito significativo da fertilização azotada na acidez dos frutos foi também alcançado por Jordão *et al.* (2004), com peras, referindo maior acidez dos frutos na modalidade correspondente a 200 kg·N·ha⁻¹, quando a fertilização azotada não foi acompanhada de fertilização com boro. Raese e Staiff (1989) referem uma

diminuição da acidez dos frutos com o aumento da fertilização azotada, resultado contrário ao obtido neste ensaio com pêsegos. No ensaio em vasos, em 2006 (Quadro 6.36), também se observou um aumento da acidez dos pêsegos com o aumento da fertilização azotada (considerando N1, N2 e N3).

Quadro 7.45. Efeito da fertilização azotada na dureza, IR e acidez dos frutos, à colheita, no ensaio de campo, considerando globalmente os três ciclos (2005, 2006 e 2007).

Modalidade	Dureza (kg·0,5cm ⁻²)	IR (%)	Acidez (g ác. málico·L ⁻¹)
N0	4,3 b	11,2	8,1 bc
N1	4,2 b	11,4	7,8 c
N2	4,9 a	11,3	8,4 b
N3	4,6 ab	11,0	8,9 a
Média	4,5	11,2	8,3
F _[3,68]	2,74	0,13	$\chi^2_{[3,68]}=21,11$
p	0,050	0,943	0,000
Sig.	*(a)	ns	***

Nota: letras diferentes, em cada coluna, indicam diferenças significativas, segundo teste de Tukey, para $p < 0,05$ (*), $p < 0,01$ (**) e $p < 0,001$ (***); (a)- diferenças significativas para $\alpha \leq 0,05$ só para o teste LSD.

A acidez mais elevada poderá ser um factor positivo em termos de exportação para os países do Norte da Europa que, de um modo geral, apreciam mais os frutos ácidos, mas poderá ser um factor negativo para o mercado nacional em que os consumidores apreciam mais a fruta doce, à semelhança das preferências dos consumidores americanos (Claypool, 1977; Crisosto e Crisosto, 2005). Crisosto e Crisosto (2005), utilizando cultivares de pêsego e de nectarina de alto e baixo teor de acidez, respectivamente 0,7-0,9% e 0,3-0,5%, referem que os consumidores aumentaram o grau de satisfação com o aumento do IR, até atingir um patamar de aceitação, tendo sido esse patamar de 10-11%, para a nectarina Spring Bright, e de 11-12%, para a cultivar de pêsego Elegant Lady (as duas cultivares de acidez elevada). Teores de IR superiores a 11-12%, no caso das cultivares mais ácidas (as mais frequentes em Portugal), não se traduziram por maior aceitação por parte dos consumidores, facto que vem relativizar a procura de uma valorização diferencial dos frutos com base no IR, quer por parte dos agricultores quer por parte de associações de

consumidores. No caso de cultivares de baixa acidez, os consumidores aumentam o grau de satisfação com o aumento de IR atingindo 100% de satisfação para um IR de 15-16%.

Para além da acidez observou-se um efeito, menos constante mas significativo (quando consideramos o conjunto dos três anos), na dureza dos frutos. Doses baixas de azoto deram origem a frutos com menor dureza, observando-se uma tendência para doses elevadas de azoto conduzirem também à perda de dureza dos frutos, uma vez que não se observaram diferenças significativas entre N0, N1 e N3 (Quadro 7.46).

Considerando os três ciclos, o IR não apresentou uma influência significativa da fertilização azotada. Contudo, a comparação dos valores alcançados em cada ciclo permitiu verificar que houve um efeito significativo do ciclo vegetativo na qualidade dos frutos (Quadro 7.46). Em 2005 o IR foi de 13,9%, em 2006 de 10,5% e em 2007 de 9,2%, tendo a dureza oscilado entre 4,3 kg0,5cm⁻² e 4,8 kg0,5cm⁻².

Quadro 7.46. Influência do ciclo vegetativo na dureza, IR e acidez dos frutos, à colheita, no ensaio de campo.

Ciclo	Dureza (kg0,5cm ⁻²)	IR (%)	Acidez (g ác. málico·L ⁻¹)
2005	4,4 ab	13,9 a	8,2
2006	4,8 a	10,5 b	8,6
2007	4,3 b	9,2 c	8,1
Média	4,5	11,2	8,3
F	$\chi^2_{[2,69]}=8,54$	$\chi^2_{[2,69]}=60,92$	$F_{[2,47]}=4,53$
p	0,014	0,000	0,016
Sig.	*	***	*

Nota: letras diferentes, em cada coluna, indicam diferenças significativas, segundo teste de Tukey, para p<0,05(*), p<0,01(**) e p<0,001(***)

O valor mais elevado de IR, no ciclo de 2005, poderá estar relacionado não só com a menor produção das árvores, o que estaria de acordo com o referido por Claypool (1975), para o pessegueiro, ameixeira e pereira, e com Saint-Hilary *et al.* (1995) e Larrieu *et al.*, (1998), para a macieira, mas também com a rega deficiente (Crisosto *et al.*, 1997) e com a temperatura média mais elevada durante o período de desenvolvimento dos frutos. Com efeito, verificaram-se condições de temperaturas decrescentes de 2005 para 2007, considerando a temperatura média no período da floração à colheita, respectivamente de

18,4°C em 2005, 17,1°C em 2006 e 16,3°C em 2007. A utilização do somatório de graus-dia acima de 5°C, referido por Westwood (1982), permite também verificar as condições bastante distintas entre os três ciclos em estudo, no que respeita às condições de temperatura, sendo, respectivamente, de 1514 °C·dia em 2005, 1345 °C·dia em 2006 e 1289 °C·dia em 2007.

Em posição oposta encontra-se a acidez que apresenta valores muito semelhantes entre os três ciclos, apesar de, como já foi referido, as condições climáticas terem sido tão distintas. Cuquel *et al.* (2006), com pessegueiros “Chimarrita”, no Brasil, obtiveram teores de acidez titulável muito distintos em dois dos ciclos em estudo (5,6 e 11,7 cmolL⁻¹), para teores de IR semelhantes.

No que respeita à dureza, apesar dos valores médios, no conjunto dos três ciclos, variarem entre 4,3 e 4,8 kg0,5cm⁻², observaram-se diferenças significativas entre o ciclo vegetativo de 2006 e de 2007. Esta diferença de dureza resulta, como já foi referido, da época de colheita, em 2007, ter sido um pouco mais tardia.

7.3.8.3. Efeito da fertilização azotada na cor dos frutos, no ensaio de campo

A cor dos frutos, apesar de não afectar directamente a qualidade gustativa, é um parâmetro determinante na colheita e também na opção do consumidor, reflectindo-se na sua valorização. Delwiche (1987) refere que a firmeza e a coloração de fundo são os melhores indicadores da maturação dos frutos.

Neste ensaio não se observou um efeito significativo da fertilização azotada na cor dos frutos, quer considerando cada ciclo individualmente (Anexo 3), quer considerando globalmente os três ciclos (Quadro 7.47). Apenas se observaram diferenças significativas, do parâmetro “L” em 2006 (Anexo 3).

Os efeitos da fertilização azotada na coloração dos frutos são muito variáveis. Nguyen *et al.* (2004), trabalhando com manga (*Mangifera indica* L.), referem a ausência de efeito da fertilização azotada na coloração dos frutos. Fallahi *et al.* (2001), em maçã da cv. Fuji, referem maior percentagem de coloração vermelha nos frutos da modalidade de fertilização azotada mais baixa, mas a diferenciação entre as modalidades não foi consistente ao longo de um período de cinco anos de ensaio. Daane *et al.* (1995), com nectarina da cv. Fantasia, verificaram também um aumento da coloração vermelha dos frutos nas modalidades de doses baixas de azoto.

Quadro 7.47. Efeito da fertilização azotada na cor dos frutos, à data de colheita, considerando os três ciclos (2005, 2006 e 2007).

Modalidade	L	a	b	C	H°
N0	36,84	25,15	16,52	30,15	33,10
N1	35,81	25,73	16,47	30,60	32,32
N2	36,54	25,98	17,53	31,38	33,86
N3	36,52	25,09	17,07	30,40	33,93
Média	36,43	25,49	16,90	30,63	33,30
F _[3,68]	0,54	0,70	0,50	0,47	0,88
p	0,659	0,558	0,685	0,704	0,457
Sig.	ns	ns	ns	ns	ns

A coloração dos frutos é influenciada pelo sistema de condução (Farina *et al.*, 2005) e pela distância ao topo da vegetação (Farina *et al.*, 2005; Motisi *et al.*, 2006), verificando-se um aumento do valor de H° com o aumento da distância do fruto ao topo da vegetação. A diminuição da coloração vermelha, do cimo para a base da vegetação, foi positivamente correlacionada com a diminuição da radiação solar (Motisi *et al.*, 2006).

A elevada radiação solar que se verifica na região da Beira Interior pode ter contribuído para a relativização do efeito da fertilização azotada na cor, podendo não se verificar uma redução tão acentuada da luz no interior da copa, capaz de induzir a diferenças significativas ao nível da cor dos frutos.

A comparação entre ciclos indica uma forte influência ambiental na coloração dos frutos, pois observaram-se diferenças significativas entre os valores médios de cada ciclo, para todos os parâmetros em estudo (Quadro 7.48).

Como já se referiu, a cor dos frutos é uma das características que determinam a decisão da colheita do fruto ou da sua permanência na árvore para completar a maturação, embora, em última análise, o parâmetro que devia determinar essa decisão fosse a dureza dos frutos. Assim, foi interessante constatar que a cor dos frutos apresentou uma relação muito fraca com a respectiva dureza (Quadro 7.49), facto já referido por Delwiche (1987), relativamente à coloração de fundo dos frutos, em pêssegos, e por Marcelle (1995) que refere que a cor não é um bom indicador do estado de maturação dos frutos, em maçãs.

Quadro 7.48. Influência do ciclo vegetativo na cor dos frutos, à colheita, no ensaio de campo.

Ciclo	L	a	b	C	H°
2005	33,77 c	23,18 c	13,42 b	26,81 c	29,98 b
2006	38,66 a	26,07 b	18,46 a	31,98 b	35,29 a
2007	36,85 b	27,22 a	18,82 a	33,11 a	34,63 a
Média	36,43	25,49	16,90	30,63	33,30
F _[2,69]	66,37	50,75	75,44	$\chi^2_{[2,69]}=49,39$	33,04
p .	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Sig.	***	***	***	***	***

Nota: letras diferentes, em cada coluna, indicam diferenças significativas, segundo teste de Tukey, para $p < 0,05$ (*), $p < 0,01$ (**) e $p < 0,001$ (***).

Quadro 7.49. Relação entre a dureza e a cor dos frutos (considerando os ciclos de 2006 e de 2007).

	Equações de regressão linear	R _a ²	F _[1,70]	p
Dureza vs L	Dureza=0,931 (ns) + 0,098 L	0,089	7,944	0,006
Dureza vs C	Dureza=3,668 + 0,027 C*	0,001	0,946	0,334
Dureza vs H°	Dureza=1,255 (***) + 0,097 H°	0,175	16,030	0,000

A relação entre a coloração (utilizando L, C e H°) e o índice refractométrico (Quadro 7.50) apresentou-se altamente significativa e com coeficientes de determinação compreendidos entre 0,351 e 0,547.

Quadro 7.50. Relação entre o IR e a cor dos frutos (considerando os ciclos de 2006 e de 2007).

	Equações de regressão linear	R _a ²	F _[1,70]	p
IR vs L	IR = 29,973 (***) - 0,515 L	0,351	39,403	0,000
IR vs C	IR = 26,203 (***) - 0,489 C*	0,547	86,751	0,000
IR vs H°	IR = 24,364 (***) - 0,395 H°	0,383	44,996	0,000

Do conjunto dos parâmetros de caracterização da cor, o croma, sendo o que mais se aproxima da percepção humana (Melgarejo *et al.*, 2001), é aquele que apresenta um coeficiente de correlação mais elevado com o IR (R_a²=0,547).

A cor dos frutos é condicionada pelas condições de luminosidade e de temperatura. Salvador *et al.* (1998) observaram um efeito significativo da região, na coloração de fundo

dos frutos das cv. Elegant Lady e Fantasia. A região com a temperatura mais elevada e maior número de horas de sol apresentou frutos com maior percentagem de coloração vermelha e menor percentagem de coloração verde, relativamente à região com menor temperatura média e menor número de horas de sol. Este resultado está de acordo com o valor mais elevado do ângulo métrico da tonalidade, observado em 2006 e em 2007, relativamente a 2005, tendo em consideração a temperatura média observada durante o período de desenvolvimento dos frutos (ponto 7.3.8.2).

7.3.8.4. Causas de refugo

Para além da avaliação da quantidade de frutos de refugo, a identificação das suas causas poderá permitir a correcção das técnicas culturais que nelas têm mais influência. Neste ensaio, possivelmente devido ao facto da produção total não se aproximar do seu potencial máximo, não se evidenciaram diferenças entre as modalidades de fertilização azotada, no que respeita à produção, quer total, quer comercial, no calibre dos frutos e na quantidade total de refugo.

Em 2006 a quantidade de frutos de refugo foi bastante baixa (2 a 3 t_{ha}⁻¹), representando 7% a 8% da produção total, com uma distribuição bastante equilibrada das causas de refugo. O defeito de forma, o baixo calibre e o rachamento dos frutos foram as três causas de refugo com maior expressão (Fig. 7.31). O rachamento dos frutos foi a única causa de refugo para a qual se observaram diferenças significativas ($p=0,022$)⁹, entre as modalidades de fertilização azotada. As plantas N3 foram as que apresentaram maior quantidade de frutos de refugo por rachamento, representando 19,6% do refugo total desta modalidade, o que correspondeu a cerca de 0,93 kg_{árv.}⁻¹.

A causa de refugo por defeito de forma e epiderme, com excepção dos frutos gémeos (incluídos na classificação de defeito de forma), representa 30% a 40% do total do refugo (Fig. 7.31), está frequentemente relacionada com as condições climáticas, nomeadamente o vento, e, também, com a disposição dos ramos. Árvores com menor densidade de ramos poderão apresentar maior proporção de frutos com defeito de epiderme, em situações de vento forte uma vez que este penetra com maior facilidade no interior da copa, levando a colisões mais frequentes entre ramos. Contudo, a porção de

⁹ Análise realizada com base na transformação da variável pela raiz quadrada.

produção rejeitada por defeitos de forma e de epiderme foi semelhante entre as modalidades em estudo.

A quantidade de frutos de refugo por baixo calibre foi baixa, variando entre 18% do refugo total, para a modalidade N1, o que corresponde a cerca de 0,55 kgárv.⁻¹, e 30% do refugo total para N2, ou seja cerca de 1,15 kgárv.⁻¹ não se verificando diferenças significativas entre as modalidades.

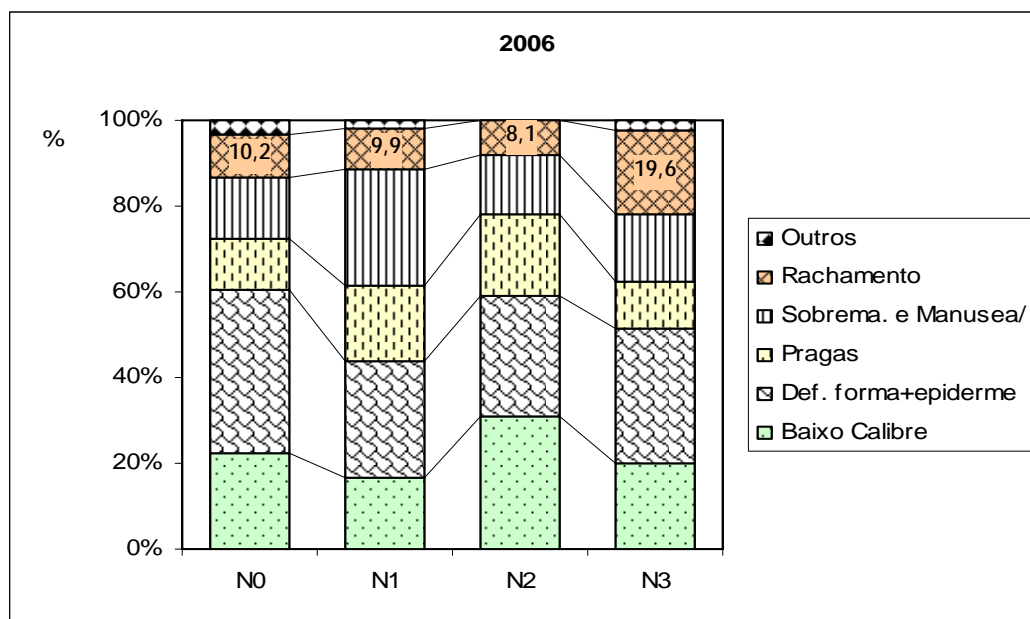


Figura 7.31. Causas de refugo (% do refugo total) por modalidade, em 2006. Apenas se encontram assinalados os valores referentes à causa de refugo que apresentou diferenças significativas entre as modalidades.

Em 2007 (Fig. 7.32), a quantidade de refugo foi aproximadamente o dobro do registado no ciclo de 2006 (3,5 a 5,2 t_{ha}⁻¹), resultando este aumento, essencialmente, da quantidade de frutos de refugo por sobrematuração e por rachamento. Em 2006 o conjunto destas duas causas representaram 30% a 40% do refugo total e, no ciclo 2007, representaram 50% a 69% do refugo total, o que equivale a cerca de 3 a 4 kgárv.⁻¹ Contudo, não se observaram diferenças significativas entre as modalidades.

As causas de refugo podem ter estado relacionadas com diversos factores, tendo, seguramente, alguns desses factores um efeito transversal às diferentes modalidades, como por exemplo a ocorrência de condições atmosféricas adversas, factores humanos ou factores culturais.

De entre as causas de refugo observadas, o rachamento do fruto e a sobrematuração mereceram uma atenção especial.

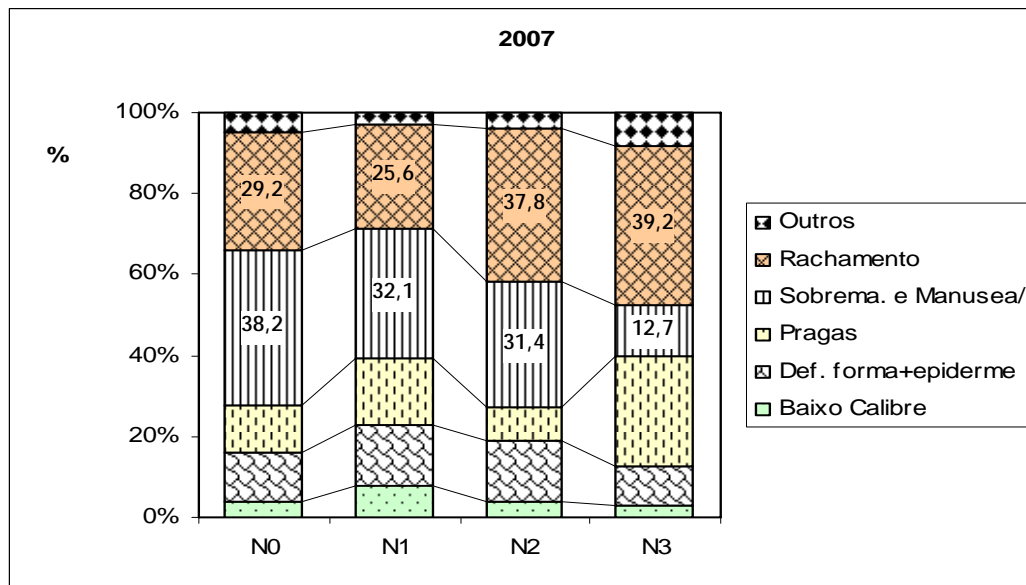


Figura 7.32. Causas de refugo (% do refugo total) por modalidade, em 2007.

A sobrematuração dos frutos está directamente relacionada com a redução da dureza dos frutos, diminuindo esta, acentuadamente, próximo da maturação (Kader e Mitchell, 1989; Kader, 2002). Por este facto, a dureza é o parâmetro principal para a fixação da data de colheita. Assim, seria de esperar uma correlação elevada entre a dureza dos frutos e a proporção de refugo por sobrematuração. No entanto, considerando apenas os resultados referentes a 2006 e 2007, no ESAn, a relação linear obtida entre a percentagem da produção total de refugo por sobrematuração e a dureza dos frutos (sobrematuração = $14,359 - 2,526$ dureza), apresentou um coeficiente de determinação muito baixo ($R_a^2=0,095$; $F_{[1,47]}=5,957$; $p=0,019$). Este resultado prende-se essencialmente com a pequena amplitude dos valores de dureza dos frutos na colheita, que oscilou entre 3,5 a 6 kg/0,5cm².

No entanto, o adiamento da data de colheita em dois ou três dias pode resultar em prejuízos por sobrematuração, não negligenciáveis. De facto, em 2006, no pomar de pessegueiros onde está instalado o ensaio de campo (pomar de pessegueiros da ESACB), na modalidade da cultivar Rich Lady enxertada em Julior-Ferdor, a colheita dos frutos decorreu três dias após a data de colheita prevista para respeitar o intervalo de segurança de um tratamento fitossanitário. Este facto conduziu a elevados prejuízos por sobrematuração, permitindo, quando esses resultados foram considerados neste estudo, estabelecer uma

relação altamente significativa entre a percentagem de refugo por sobrematuração e a dureza dos frutos (Fig. 7.33).

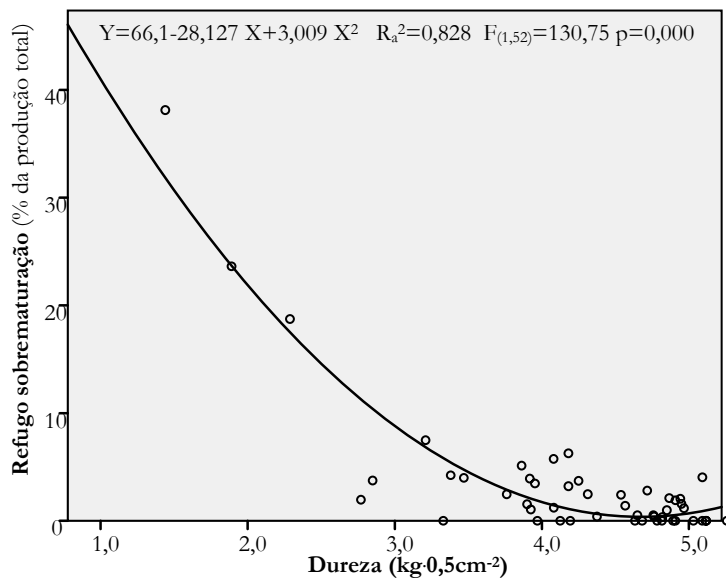


Figura 7.33. Relação entre a percentagem da produção total de refugo por sobrematuração com a dureza dos frutos (considerando os resultados obtidos no pomar de pessegueiros da ESA, relativos à cv. Rich Lady, em 2006).

Quando a colheita é antecipada relativamente à data ideal, os frutos não desenvolvem o seu potencial organoléptico (Avelar, 1982; Kader e Mitchell, 1989; Avelar, 1993). Esta situação não é vantajosa nem para o produtor, que perde peso por fruto, nem para o consumidor, que adquire frutos que, em muitos casos, não conseguem atingir boas características de textura e sabor. Considerando o curto prazo, é vantajoso para o sector que assegura a normalização e comercialização, uma vez que pode proceder ao manuseamento dos frutos com o mínimo de perdas e de cuidados. Contudo, a longo prazo, a falta de qualidade gustativa dos frutos pode conduzir à redução de consumo.

Segundo Kader (2002), a maturação óptima para a colheita deve ser definida para cada cultivar, referindo, no entanto, como valores indicativos, 27 a 36 N (6 a 8 lbf), como a dureza para “comprar”, e 9 a 13,5 N (2 a 3 lbf) como a dureza para “consumir”. Segundo Cavaco *et al.* (2006), no caso de cultivares de polpa amarela, como valor indicativo à colheita, a dureza dos frutos deve variar entre 2,3 e 3,5 kg 0,5cm⁻² para as

cultivares temporãs, entre 4,1 e 6,0 kg \cdot 0,5cm⁻² para as cultivares de estação e entre 2,7 e 5,9 kg \cdot 0,5cm⁻² para as cultivares tardias. À excepção dos valores referidos para as cultivares de estação (Cavaco *et al.*, 2006), a dureza recomendada parece-nos demasiado baixa, pois, considerando a relação alcançada entre a dureza dos frutos e a proporção de refugo por sobrematuração ($Y = 66,1 - 28,127 X + 3,009 X^2$; $R_a^2=0,828$; $F_{(1,52)}=130,75$; $p=0,000$), a partir de uma dureza média abaixo de 4 kg \cdot 0,5cm⁻² (39N), verifica-se um aumento da quantidade de refugo por sobrematuração. Para além do exposto, os frutos colhidos com uma dureza próxima do óptimo para “consumo em fresco” perdem longevidade, sem tirar partido da sua capacidade de completar o seu processo de maturação em pós colheita.

No que respeita ao rachamento dos frutos, verifica-se que é uma causa que se observa essencialmente nos frutos de calibre superior, sendo raro observar-se nos frutos de calibre inferior a 67 mm.

Embora a susceptibilidade ao rachamento dos frutos seja uma característica ligada à cultivar, sendo, segundo Hilaire e Giauque (1994), a cv. Rich Lady medianamente susceptível, verifica-se também uma grande variação desta causa de refugo, entre pomares e entre ciclos, podendo traduzir-se em prejuízos elevados (Bovey, 1984). Delgado (2003) refere que o rachamento dos frutos está associado com o calibre elevado que ocorre em situações de baixa produção por carga produtiva deficiente, o que está de acordo com os resultados alcançados em 2007, relativamente a 2006. Com efeito, em 2007, o índice de calibre foi mais elevado observando-se também maior proporção de frutos de refugo devido ao rachamento.

A análise de regressão linear *stepwise* permitiu identificar o magnésio como o nutriente com influência significativa na explicação do rachamento dos frutos (Fig. 7.34), verificando-se uma relação inversa entre o teor de magnésio e a percentagem da produção total de refugo por rachamento.

A relação entre o rachamento dos frutos e o teor de magnésio deveria ser objecto de estudo mais detalhado, pois outros factores, isolada ou conjuntamente, poderão também estar implicados nesta causa de refugo. No entanto, considerando que a diminuição da quantidade de frutos de refugo tem uma implicação directa no rendimento do agricultor, a identificação de um desses factores poderá, desde já, contribuir para uma gestão mais eficaz dos factores de produção.

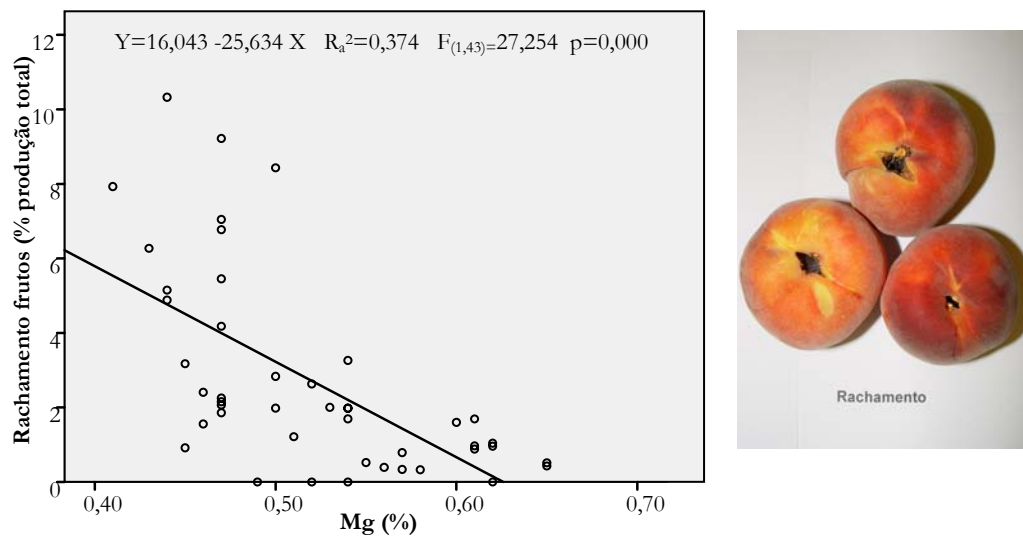


Figura 7.34. Relação entre a percentagem da produção total de refugo por rachamento dos frutos e o teor foliar de magnésio.

7.4. Conclusão

A fertilização azotada diferencial originou grupos distintos de plantas, no que respeita ao seu estado de nutrição. As plantas N3 apresentaram teores foliares de azoto mais elevados e as plantas N0 apresentaram os teores foliares de azoto mais baixos. Para uma data de amostragem de 95 a 100 DAPF (dias após a plena floração), nem as plantas N0 apresentaram teores abaixo do limite inferior do intervalo considerado como adequado, nem as plantas N3 apresentaram teores acima do limite superior desse intervalo. Este resultado evidencia a capacidade das plantas para utilizarem outras fontes de azoto para além das fornecidas pela fertilização e, também, a possível perda de azoto, no caso das modalidades de fertilização elevada.

Ao longo do período do ensaio observou-se uma correlação positiva entre o teor foliar de azoto e o teor foliar de enxofre, ferro e zinco, e uma correlação negativa entre o teor foliar de azoto e o teor foliar de boro, potássio e magnésio. Assim, plantas sujeitas a fertilização azotada, considerada excessiva, apresentaram teores mais elevados de azoto, enxofre, ferro e zinco e, simultaneamente, teores mais baixos de boro, potássio e magnésio. Plantas sujeitas a ausência de fertilização azotada apresentaram teores foliares de azoto, enxofre, ferro e zinco mais baixos e, simultaneamente, teores mais elevados de magnésio, potássio e boro.

A susceptibilidade a *Phomopsis amygdali* foi influenciada pelas condições climáticas, observando-se uma grande variação na dimensão média dos cancos entre os ciclos vegetativos em estudo. Os cancos de maiores dimensões, com um comprimento médio de 43 mm, foram observados em 2006, e, os cancos de menores dimensões, com um comprimento médio de 17 mm, foram observados em 2007. A Análise de Correspondências Múltiplas permitiu inferir que a susceptibilidade ao cancro foi fortemente determinada pela precipitação, associando os cancos de grandes dimensões a precipitação mais elevada, e os cancos de menores dimensões a precipitação mais baixa. Teores foliares de azoto elevados foram associados a cancos de grandes dimensões, permitindo inferir que a fertilização azotada elevada resulta em maior susceptibilidade a *P. amygdali*.

A fertilização azotada condicionou fortemente o vigor das plantas, avaliado pelo acréscimo de área de secção de tronco, observado em cada ciclo. As plantas N3 apresentaram um acréscimo de área de secção de tronco significativamente mais elevado, $26 \text{ cm}^2\text{ano}^{-1}$, a partir do segundo ano de fertilização diferencial, sendo observado um comportamento semelhante nas plantas N2, no terceiro ciclo de fertilização diferencial, enquanto nas plantas N0 e N1 o acréscimo de área de secção de tronco foi na ordem de 10 a $18 \text{ cm}^2\text{ano}^{-1}$. A análise de componentes principais identificou uma crescente correlação entre o acréscimo de área de secção de tronco e o teor foliar de azoto ao longo do período do ensaio, observando-se, no terceiro ciclo, uma correlação positiva de 0,63.

A disponibilidade de azoto influenciou a data de plena floração. Plantas sujeitas a fertilização azotada elevada apresentaram uma floração mais temporã, ocorrendo a data de plena floração das plantas N3, dois a três dias mais cedo que nas N0. Em 2006 observou-se um atraso na maturação dos frutos na modalidade de fertilização azotada mais elevada mas, em 2007, o período de maturação dos frutos foi pequeno, observando-se uma grande homogeneidade, quer entre as modalidades quer dentro da própria modalidade.

A área foliar média por folha foi condicionada pela fertilização azotada, com as plantas sujeitas a fertilização azotada nula a apresentarem as folhas de dimensões mais reduzidas.

A fertilização azotada influenciou a quantidade de clorofila das folhas, avaliada através do valor de SPAD, que variou entre 32,0 e 35,9 em Junho de 2006, e entre 35,6 e 39,2 em Junho de 2007, observando-se valores crescentes de SPAD, de N0 para N3, em qualquer das épocas em que se realizaram observações. A utilização do SPAD-502 no

diagnóstico do estado de nutrição revelou-se mais eficaz para a determinação do teor foliar de magnésio do que na determinação do teor foliar de azoto.

A produção total e a produção comercializável foram muito baixas em 2005, respectivamente 8,5 t ha⁻¹ e 5,6 t ha⁻¹, e moderada a elevada, em 2006 e 2007, oscilando a produção total entre 19 t ha⁻¹ e 30 t ha⁻¹, e a produção comercializável entre 16 t ha⁻¹ e 28 t ha⁻¹. Apesar de se observar uma diferença de 5 t ha⁻¹ e 7 t ha⁻¹ de produção comercializável, entre as plantas N0 e N2, em 2006 e 2007 respectivamente, a análise de variância não identificou diferenças significativas entre as modalidades, tanto para a produção total como para a produção comercializável. A produção total apresentou uma baixa representação na Análise de Componentes Principais, realizada com base no estado de nutrição, observando-se uma grande variação nas correlações obtidas entre a produção total e os diferentes nutrientes, ao longo dos três ciclos. Este resultado sugere que outros factores, para além da nutrição, tenham sido determinantes na variação da produção total. Contudo, observou-se uma relação linear negativa entre a produção comercializável e o teor foliar de magnésio, sugerindo que este elemento se possa constituir como factor limitante da produção.

O calibre dos frutos foi elevado, observando-se apenas 7% a 15% da produção, em classes de calibre inferiores a A, quando considerados apenas os ciclos de 2006 e de 2007. A fertilização azotada não apresentou um efeito significativo sobre o calibre dos frutos. A relação linear negativa, obtida entre a produção total e o índice de calibre, permitiu inferir que a produção total poderá ser incrementada até 50 t ha⁻¹, sem grave prejuízo do calibre dos frutos.

A fertilização azotada condicionou a qualidade dos frutos. Modalidades de fertilização azotada elevada apresentaram frutos mais ácidos e de dureza mais elevada, comparativamente às modalidades de fertilização azotada baixa ou nula, que apresentaram frutos menos ácidos e com menor dureza. Contudo, observou-se uma tendência para redução de dureza dos frutos, na modalidade de fertilização mais elevada, aproximando-se dos valores referentes às modalidades de fertilização azotada nula ou baixa.

A cor dos frutos não foi influenciada pela fertilização azotada, observando-se uma grande variação de todos os parâmetros da cor, entre os ciclos estudados, o que indica uma forte influência ambiental na coloração dos frutos. A relação entre H^o e a dureza, apesar de significativa, apresentou um coeficiente de determinação muito baixo. Paralelamente, observou-se uma relação significativa e com coeficientes de determinação muito mais elevados, entre os parâmetros da cor (L, C e H^o) e o índice refractométrico, indicando que

a coloração dos frutos está mais relacionada com o teor de açúcares do que com a dureza dos frutos.

A quantidade de frutos de refugo foi de 33% em 2005, 9% em 2006 e 17% em 2007. A maior proporção de frutos de refugo, observada em 2005, resultou de severas restrições hídricas e a maior proporção de refugo de 2007, relativamente a 2006, esteve relacionada com uma data de colheita ligeiramente mais tardia, evidenciando a importância da data de colheita no resultado global da cultura.

As causas de refugo mais importantes foram, em 2006, o baixo calibre e o defeito de forma e de epiderme que, conjuntamente, representaram 40 a 60% do refugo total, e, em 2007, a sobrematuração e rachamento dos frutos que, conjuntamente, representaram 50% a 69% do refugo total. A proporção de refugo devido à sobrematuração dos frutos foi inversamente relacionada com a dureza dos frutos, indicando como valor de dureza correspondente à minimização dos prejuízos por sobrematuração, uma dureza mínima entre $4,5 \text{ kg}0,5\text{cm}^{-2}$ e $5 \text{ kg}0,5\text{cm}^{-2}$. O rachamento dos frutos apresentou uma relação linear negativa significativa com o teor de magnésio, observando-se uma maior proporção de frutos de refugo por rachamento, na modalidade de fertilização azotada mais elevada, possivelmente relacionada com a correlação negativa entre o teor de azoto e o teor de magnésio.

8. Conclusões finais

A região da Beira Interior apresenta grande potencial para a produção de pêsego pois possui condições climáticas, edáficas e humanas favoráveis ao incremento desta cultura.

Em termos climáticos, a região caracteriza-se por temperaturas médias e luminosidade elevadas, factores que favorecem a cultura do pessegueiro.

Em termos edáficos, os solos são maioritariamente de textura grosseira, com elevada permeabilidade, sendo pouco frequentes condições de anoxia às quais a cultura do pessegueiro é sensível. O aumento do teor de matéria orgânica, a correcção do pH e o incremento do teor de magnésio no complexo de troca cationica, são aspectos que podem ser corrigidos através da aplicação periódica de correctivos orgânicos e minerais, nomeadamente calcários magnesianos, assim como enrelvamento da entrelinha, de modo a otimizar as condições de produção.

Em termos sociais, os agricultores são mais jovens que a média dos agricultores da região, explorando uma área média de pessegueiros superior a 7 ha por agricultor, com uma renovação regular dos pomares que permite acompanhar a inovação ao nível da disponibilidade de novas cultivares. A dimensão média da área de pessegueiro por agricultor, aliada à diversidade de cultivares com escalonamento da produção desde Junho a Setembro, permite a conjugação de uma gestão empresarial com a segurança e flexibilidade da gestão da mão-de-obra familiar, sempre que tal se torna necessário.

Com base na observação de dez pomares da cultivar Rich Lady, durante o período de 2005 a 2007, verificou-se uma baixa incidência do cancro causado por *Phomopsis amygdali* na região da Beira Interior, da qual resultou, conseqüentemente, uma pequena redução de produção.

A incidência do cancro foi condicionada pela precipitação, pela idade das plantas, pela textura do solo e pelo teor foliar de azoto. Verificou-se que a incidência mais baixa de cancro se encontrava associada a condições de baixa precipitação, enquanto que cancos de grandes dimensões estavam, por sua vez, associados a condições de precipitação mais elevada. Os pomares mais velhos apresentaram maior susceptibilidade à doença relativamente aos pomares mais jovens, observando-se também uma associação entre a maior incidência da doença e teor foliar de azoto mais elevado. No entanto, esta associação não se verificou em pomares jovens que apresentaram menor incidência de cancro, independentemente do teor foliar de azoto.

A avaliação do estado de nutrição dos pomares da cv. Rich Lady permitiu verificar que os teores foliares de magnésio e cálcio são frequentemente baixos, o que está de acordo com a baixa disponibilidade destes nutrientes no solo. Apesar deste apresentar níveis de potássio extraível muito elevados, podem ocorrer teores foliares de potássio baixos, o que poderá estar relacionado com a disponibilidade de água no solo. Observaram-se também teores foliares de fósforo inferiores ao intervalo considerado como adequado, em mais de 50% das análises.

Com base na conjugação dos resultados alcançados no ensaio em vasos, relativo a um período de quatro ciclos – 2003 a 2006, com os resultados do ensaio de campo, relativo a um período de três ciclos – 2005 a 2007, estudou-se o efeito da fertilização azotada no comportamento do pessegueiro, quer em termos do estado de nutrição, quer em termos vegetativos, bem como no concernente à produção, à qualidade dos frutos e à susceptibilidade ao cancro causado por *P.amygdali* e outros inimigos.

A fertilização azotada alterou o estado de nutrição dos pessegueiros, como seria de esperar, criando desequilíbrios nutricionais envolvendo macro e micronutrientes. Assim, fertilizações excessivas em azoto deram origem a plantas com um teor foliar de azoto elevado (mas frequentemente dentro do intervalo considerado adequado), ao qual se associaram teores foliares de enxofre, de magnésio, de ferro e de zinco mais elevados, e, simultaneamente, teores de boro, de potássio e de fósforo mais baixos. Fertilização baixa ou nula em azoto resultou em plantas com um teor foliar de azoto mais baixo, associado a teores de potássio e de boro mais elevados. No ensaio de campo, o teor foliar de azoto das plantas sujeitas a fertilização azotada nula esteve, com bastante frequência, dentro do intervalo considerado como adequado e, simultaneamente, as plantas sujeitas à fertilização azotada mais elevada não apresentaram teores foliares de azoto considerados excessivos, o que indica, por um lado, a utilização de outras fontes de azoto para além da fertilização e, por outro, perda de azoto na situação de fertilização excessiva.

A correlação positiva entre os teores foliares de azoto e de manganês foi mais elevada no ensaio em vasos onde se observaram teores muito elevados de manganês nas plantas da modalidade N3, respectivamente 766 mg·kg⁻¹ em 2003 e 345 mg·kg⁻¹ em 2006, comparativamente ao ensaio de campo, no qual, embora se tenha observado uma correlação positiva entre azoto e manganês em 2006 e 2007, o teor de manganês se situou entre 60 mg·kg⁻¹ em 2005 e 93 mg·kg⁻¹ em 2007.

A correlação negativa entre o teor foliar de azoto e o teor foliar de boro foi mais elevada no ensaio em vasos do que no ensaio de campo.

A correlação entre azoto e magnésio foi negativa no ensaio de campo e, em oposição, observou-se uma correlação positiva entre estes dois nutrientes no ensaio em vasos, sugerindo que a correlação entre os dois nutrientes esteja mais dependente da disponibilidade de magnésio. Como aplicação prática, este resultado poderá conduzir a um maior cuidado na fertilização com magnésio, em pomares de pessegueiro de elevada produtividade e, portanto, sujeitos a fertilização azotada mais abundante, evitando que o magnésio seja um nutriente limitante, já que, na região, os solos em que se localiza a cultura do pessegueiro, são maioritariamente ácidos e com baixa proporção de magnésio no complexo de troca catiónica.

A susceptibilidade a *P. amygdali* foi muito variável ao longo do período deste estudo, quer no ensaio em vasos, quer no ensaio de campo. Os cancos de maiores dimensões estiveram associados a precipitação elevada e também a teores foliares de azoto mais elevados. Os cancos de menores dimensões estiveram sempre associados a precipitação mais baixa sem que, nesta situação, se verifique uma associação tão forte com o teor foliar de azoto. Assim, a fertilização azotada excessiva, associada a condições de elevada precipitação acentuou a susceptibilidade a *P. amygdali*.

A fertilização azotada apresentou uma forte influência no desenvolvimento vegetativo do pessegueiro, quer a nível do crescimento total, quer no tipo de arquitectura da planta. No ensaio de campo observou-se a presença de um número elevado de ramos ladrões na modalidade de fertilização azotada mais elevada, predominando os ramos mistos sem ramificação nas modalidades de fertilização azotada mais baixa. O ensaio em vasos permitiu verificar que o azoto promoveu a ramificação dos lançamentos, observando-se um elevado número de ramos com antecipadas, originando um porte mais aberto das plantas, que é menos favorável quer à entrada de luz, quer ao suporte do peso dos frutos.

Para além do crescimento total, no ensaio em vasos, o azoto apresentou um efeito sobre a área foliar e sobre a morfologia das folhas, observando-se um forte enrolamento destas nas plantas N3. Quando as folhas se apresentam enroladas a sua área de exposição aos raios solares é menor do que quando se apresentam distendidas e, uma vez que o enrolamento das folhas é uma característica que se observa frequentemente em pomares da região, seria interessante progredir na procura das causas que o determinam, tirando partido dos resultados alcançados no presente estudo. Em termos de área foliar a modalidade N0 apresentou, consistentemente, as folhas mais pequenas, quer no ensaio

em vasos quer no ensaio de campo. As restantes modalidades apresentaram uma área média por folha semelhante no ensaio de campo, mas, no ensaio em vasos, a modalidade N1 apresentou sempre as folhas de maiores dimensões (embora sem diferenças significativas para N2), observando-se uma diminuição da área média de cada folha de N3 relativamente a N2.

O valor de SPAD foi de 33,5 em Junho e 41,0 em Julho de 2006, e de 37,3 em Junho, 39,8 em Julho e 40,4 em Setembro de 2007. A relação entre o valor de SPAD e o teor foliar de azoto, em cada ciclo, foi significativa e com um coeficiente de determinação elevado, mas, quando se utilizaram conjuntamente os resultados referentes aos dois ciclos, verificou-se uma falta de ajustamento da relação, indicando que a utilização do SPAD para a determinação do teor de azoto foliar requer uma aferição em cada ciclo. A relação entre o valor de SPAD e o teor foliar de magnésio, considerando os dois ciclos em estudo, apresentou um coeficiente de determinação elevado, indicando o SPAD como um meio mais rigoroso na determinação do teor foliar de magnésio do que do teor foliar de azoto, em pessegueiros da cv. Rich Lady.

A fertilização azotada diferencial influenciou a época de floração. Fertilização elevada em azoto promoveu um adiantamento da data de floração relativamente a fertilização mais baixa, sendo esse adiantamento de duas semanas no caso do ensaio em vasos e de cerca de três dias no caso do ensaio de campo. Este efeito do azoto na época de floração é particularmente desvantajoso na região da Beira Interior, uma vez que o risco de geadas tardias é muito elevado, podendo conduzir a elevadas reduções de produção quando se verifica a ocorrência de geada durante a floração.

As plantas N2 foram as que apresentaram a produção mais elevada, quer no ensaio em vasos, quer no ensaio de campo. Embora, no ensaio de campo, não se verificassem diferenças significativas entre as modalidades de fertilização azotada no que diz respeito às produções total e comercializável, a ausência de fertilização azotada resultou numa redução de produção de 5 t ha^{-1} em 2006 e 7 t ha^{-1} em 2007, evidenciando a necessidade da fertilização e a insustentabilidade da ausência de fertilização azotada em termos de rendimento da cultura. A fertilização azotada excessiva (N3) resultou sempre em menor produção total em qualquer dos ensaios e ciclos, embora não se observassem diferenças significativas entre N3 e N2 e entre N3 e N1.

No ensaio de campo a produção comercializável apresentou uma relação linear negativa significativa com o teor foliar de magnésio, indicando que este elemento se possa constituir como factor limitante da produção.

A qualidade dos frutos foi mais fortemente condicionada pelas condições climáticas e pela disponibilidade hídrica, do que pela fertilização azotada, uma vez que, no ensaio de campo, não se observaram diferenças significativas do calibre e da coloração dos frutos, os dois parâmetros que mais condicionam a procura e valorização da produção. Contudo, a fertilização azotada condicionou a acidez dos frutos, verificando-se que doses excessivas de azoto deram origem a frutos mais ácidos. Simultaneamente, fertilização azotada elevada, apresentou também uma tendência para originar frutos com um índice refractométrico (IR) mais baixo, relativamente a doses mais baixas de azoto e frutos com uma dureza ligeiramente inferior (em relação a N2), aproximando-se da dureza mais baixa característica dos frutos das modalidades de fertilização baixa ou nula de azoto.

A relação entre a cor dos frutos (considerando “L”, “C” e H°) e o IR apresentou um coeficiente de determinação mais elevado do que a relação da cor com a dureza dos frutos, o que indica que a cor dos frutos apresenta algumas limitações como indicador do estado de maturação.

A proporção de refugo (em relação à produção total) foi muito elevada em 2005 (33%), baixa em 2006 (9%) e média em 2007 (17%), sendo as principais causas de refugo o baixo calibre, em 2005, o defeito de forma e epiderme, em 2006, e sobrematuração e rachamento do fruto, em 2007. A proporção de refugo por sobrematuração esteve inversamente relacionada com a dureza dos frutos, indicando $5 \text{ kg} \cdot 0,5 \text{ cm}^{-2}$ como a dureza mínima, abaixo da qual se observa uma redução da produção comercializável. O rachamento dos frutos foi significativamente mais elevado na modalidade N3, em 2006, e representou a principal causa de refugo de N3, em 2007, tendo-se obtido uma relação significativa entre a proporção de refugo por rachamento e o teor foliar de magnésio. Este resultado deverá ser objecto de um estudo mais dirigido tentando identificar os factores que contribuem para esta causa de refugo (rachamento), que pode provocar uma redução da produção comercializável de $1,8 \text{ t ha}^{-1}$.

O ensaio em vasos permitiu observar uma elevada correlação positiva entre o teor foliar de azoto e susceptibilidade a *Brachycaudus svecartzi* e escolitídeos. Em 2006 as plantas sujeitas a fertilização azotada excessiva foram preferencialmente escolhidas por escolitídeos, tendo resultado na morte de 80% das plantas desta modalidade, o que abre

uma nova perspectiva do papel do estado de nutrição na susceptibilidade a esta praga, que importa desenvolver através da realização de novos estudos.

A susceptibilidade a *Anarsia lineatella* não apresentou uma correlação elevada com o teor foliar de azoto, observando-se, antes, uma correlação negativa elevada entre a incidência da praga e os teores de ferro e de fósforo. As plantas N0 apresentaram-se significativamente menos susceptíveis relativamente às restantes modalidades, possivelmente devido ao menor número de lançamentos jovens.

A conjugação dos resultados relativos à susceptibilidade a *P. amygdali*, e no que concerne à produção e ao vigor das plantas, permite indicar uma fertilização azotada entre 50 e 100 kgN·ha⁻¹ como o valor mais favorável ao equilíbrio e defesa das plantas. Neste intervalo será importante utilizar a fertilização mais baixa sempre que se verifiquem previsões de produção mais baixa, uma vez que o excesso de azoto será direccionado para desenvolvimento vegetativo, podendo induzir a alterações desfavoráveis no precário equilíbrio entre vigor e frutificação. A fertilização mais elevada deverá ser utilizada quando se verificarem produções unitárias elevadas, acima de 30 a 35 t·ha⁻¹, e o solo seja pobre em matéria orgânica. Deste modo procura-se induzir as plantas a um desenvolvimento compatível com as produções mais elevadas e simultaneamente evitar a colocação das plantas em situação de maior susceptibilidade a inimigos.

A fertilização azotada deverá realizar-se após o aparecimento das folhas uma vez que a planta inicia o seu ciclo com base na remobilização do azoto armazenado nos ramos, tronco e raízes. Essas reservas, das quais depende o crescimento inicial, podem ser aumentadas pela aplicação de azoto no final do Verão início do Outono, antes da queda das folhas, podendo optar-se por aplicações foliares de ureia, que apresenta uma rápida absorção e reduz as perdas de azoto devido à ocorrência de precipitação, tão irregular no início do Outono na região da Beira Interior.

A optimização da gestão da fertilização azotada depende da identificação de um meio rápido e seguro de diagnóstico do estado de nutrição, a utilizar na Primavera, ajustando a quantidade de azoto às necessidades definidas pelo potencial produtivo, e evitando teores de azoto foliar muito elevados, com consequências negativas tanto ao nível de excessivo vigor, como na susceptibilidade a inimigos. O diagnóstico precoce permitiria um correcto ajustamento da fertilização azotada ao potencial produtivo de cada ano, avaliado após o vingamento dos frutos.

A relação do teor de magnésio quer com a produção quer com o rachamento dos frutos deverá ser objecto de um estudo mais profundo, de modo a melhor rentabilizar a exploração dos meios disponíveis para a exploração da cultura do pessegueiro.

Referências bibliográficas

- Akdağ, R. e Danzon, M. 2006. European charter on countering obesity. WHO European ministerial conference on counteracting obesity. www.euro.who.int/document/E89567.pdf
- Albuquerque, J. Pina Manique 1961. Divisão Regional do Continente Português. *Agricultura*, **9** (separata da revista), 11 pp.
- Almaliotis, D., Therios, I. e Karatassiou, M. 1997. Effect of nitrogen fertilization on growth, leaf nutrient concentration and photosynthesis in three peach cultivars. *Acta Horticulturae*, **449**: 529-534.
- Amaro, P. 2002. As medidas indirectas e os meios directos de luta da protecção integrada, no âmbito da produção integrada. In *Colóquio A produção integrada e a protecção integrada*. ISA Press, Lisboa, 172 pp.
- Amaro, P. 2005. *As organizações de agricultores de protecção integrada e de produção integrada (1994-2004)*. ISA Press, Lisboa, 124 pp.
- APPIZÊZERE – Associação de Protecção Integrada e Agricultura Sustentável do Zêzere 1996. Estatutos. Belmonte, 6 pp.
- Arroyo, L. e Valentini, G. 2006. Different rootstocks affect yield and fruit quality of “Forastero” peach. *Acta Horticulturae*, **713**: 285-288.
- Ascensão, A.R.D.C.F. e Dubery, I.A. 2000. Panama disease: cell wall reinforcement in banana roots in response to elicitors from *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* race four. *Phytopathology*, **90**: 1173-1180.
- Avelar, L. 1982. Influência da época de colheita na qualidade da pêra “Rocha”. Determinação do período óptimo de colheita. *Revista Portuguesa do Frio*, **21-22**: 2-7.
- Avelar, L. 1993. Selecção do momento óptimo de colheita dos frutos. Sua influência na qualidade e poder de conservação. *Frutas, Legumes e Flores*, **10**: 27-30.
- Awmack, C.S. e Leather, S.R. 2002. Host plant quality and fecundity in herbivorous insects. *Annual Review of Entomology*, **47**: 817-844 (Abstract).
- Bailly, R., Aguilar, J., Faivre-Amiot, A., Mimaud, J. e Paitier, G. 1980. *Guide pratique de défense des cultures*. Editions Le Carrousel et ACTA, Paris, 419 pp.
- Baldi, E., Toselli, M., Marcolini, G. e Marangoni, B. 2006. Effect of mineral and organic fertilization on soil chemical, biological and physical fertility in a commercial peach orchard. *Acta Horticulturae*, **721**: 55-62.
- Baudry, O., Bourgerie, C., Guyot, G. e Rieux, R. 2000. *Les haies composites reservoirs d'auxiliaires*. CTIFL, Paris, 116 pp.
- Ben-Yephet, Y., Reuven, M., Zviebil, A., Sznulewich, Y., Lavkovits, I., Markovits, T. Soriano, S. e Bar-Yosef, B. 2006. Effect of nutrition on deformation disease in *Gypsophila paniculata* mother plants. *Phytopathology*, **96**: 771-776.
- Bertrand, F., Maumy, M., Fussler, L., Kobes, N., Savary, S. e Grossman, J. 2007. Using factor analyses to explore data generated by national grapevine wood diseases survey. CS-BIGS, 1:183-202. www.bentley.edu/csbigs/vol1-2/bertrand.pdf

- Boaretto, A.E., Ueta, F.Z., Trievelin, P.C.O., Muraoko, T. e Mattos, D. 2006. Efficiency of nitrogen fertilization on citrus orchards. *Acta Horticulturae*, **721**: 331-336.
- Boink, A. e Speijers, G. 2001. Health effects of nitrates and nitrites, a review. *Acta Horticulturae*, **563**: 29-36.
- Borden, J.H. 1989. Semiochemicals and bark beetle populations: exploitation of natural phenomena by pest management strategists. *Ecography*, **12**: 501-510 (citado por Mitchell e Preisler, 1991)
- Bortoli, S.A. de, Fernandes, M.C., Albergaria, N.M.M.S. e Dória, H.O.S. 2006. Aspectos biológicos de *Brevicoryne brassicae* (Linnaeus, 1758) (Hemiptera: Aphididae) em relação ao estado nutricional de *Brassica oleracea* L. var. acephala. *Boletín de Sanidad Vegetal "Plagas"*, **32**: 647-653.
- Bovey, R. 1984. *La defensa de las plantas cultivadas*. Ediciones Ómega, Barcelona, 897 pp.
- Brown, P. 2008. Precision agriculture in the management of nutrition in trees. VI International ISHS Symposium on Mineral Nutrition of Fruit Crops (abstract): 46.
- Bryrant, J.P., Chapin, F.S. e Klein, D.R. 1983. Carbon nutrient balance of boreal plants in relation to vertebrate herbivory. *Oikos*, **40**: 357-368 (citado por Cao *et al.*, 2005).
- Bush, E., Yoder, K.S. e Smith, A.H. 2007. Brown rot on peach and other stone fruits. Virginia Cooperative Extension, 450-721. www.ext.vt.edu.
- Cabrita, L., Neves, A. e Leitão, J. 2004. Evaluation of resistance to *Phomopsis amygdali* in almond. *Acta Horticulturae*, **663**: 235-238.
- Campos, A. e Gomes, C. 2007. Portugueses cada vez mais obesos. Jornal Público, 27 de Julho, pág. 6.
- Cao, T., Duncan, R.A., McKenry, M.V., Shackel, K.A., DeJong, T.M. e Kirkpatrick, B.C. 2005. Interaction between nitrogen-fertilized peach trees and expression of syrB, a gene involved in syringomycin production in *Pseudomonas syringae* pv. *syringae*. *Phytopathology*, **95**: 581-586.
- Cao, T., McKenry, M.V., Duncan, R.A., DeJong, T.M., Kirkpatrick, B.C. e Shackel, K.A. 2006. Influence of ring nematode infestation and calcium, nitrogen, and indoleacetic acid applications on peach susceptibility to *Pseudomonas syringae* pv. *syringae*. *Phytopathology*, **96**: 608-615.
- Cardoso, P.M.M. 2006. Avaliação da produção, do estado nutricional do pessegueiro, da qualidade e composição mineral de pêssegos. Relatório do Trabalho de Fim de Curso de Engenharia das Ciências Agrárias – ramo Agrícola. Escola Superior Agrária de Castelo Branco, Castelo Branco, 56 pp.
- Carranca, C. 2003. Sustainable agriculture in Europe and quality of the products. *Anais do Instituto Superior de Agronomia*, **XLIX**: 369-385.
- Carranca, C.F., Baeta, J. e Fragoso, M.A.C. 1993. Effect of NK fertilization on leaf nutrient content and fruit quality of 'Valencia late' orange trees. In Fragoso, M.A.C. e Beusichem, M.L. van (eds) *Optimization of plant nutrition*, pp. 445-448. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Carranca, C., Soares da Silva, A., Fernandes, M. e Varela, J. 2001. ¹⁵N fertilizer use efficiency by spinach grown under Portuguese field conditions. *Acta Horticulturae*, **563**: 67-72.

- Carvalho, M. 1988a. PROCALFER, um programa fracassado? Relatório final 1981-1987. Volume I. Ministério da Agricultura, Pescas e Alimentação; Ministério das Finanças e do Plano e Agência Internacional para o Desenvolvimento, Lisboa, 222 pp.
- Carvalho, M. 1988b. PROCALFER, um programa fracassado? Relatório final 1981-1987. Volume III. Ministério da Agricultura, Pescas e Alimentação; Ministério das Finanças e do Plano e Agência Internacional para o Desenvolvimento, Lisboa, 46 pp.
- Carvalho, M. 1988c. PROCALFER, um programa fracassado? Relatório final 1981-1987. Volume IV. Ministério da Agricultura, Pescas e Alimentação; Ministério das Finanças e do Plano e Agência Internacional para o Desenvolvimento, Lisboa, 159 pp.
- Cavaco, M., Jordão, P. e Sousa, R. 2006. *Produção integrada das culturas de prunóideas – Ameixeira – Cerejeira – Damasqueiro – Pessegueiro*. Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas. Direção-geral de Protecção das Culturas, Oeiras, 143 pp.
- Cheng, L., Dong, S., Guak, S. e Fuchigami, L.H. 2001. Effects of nitrogen fertigation on reserve nitrogen and carbohydrate status and regrowth performance of pear nursery plants. *Acta Horticulturae*, **564**: 51-62.
- Cheng, L., Dong, S. e Fuchigami, L.H. 2002. Urea uptake and nitrogen mobilization by apples leaves in relation to tree nitrogen status in autumn. *The Journal of Horticultural Science & Biotechnology*, **77**: 13-18.
- Ciglar, I. e Baric, B. 2000. Bark beetle (Scolytidae) in Croatian orchards. *Acta Horticulturae*, **525**: 299-308.
- Claypool, L.L. 1977. Plant nutrition and deciduous fruit crop quality. *HortScience*, **10**: 45-47.
- Cmelik, Z., Tojnko, S. e Unuk, T. 2006. Fruit quality of “Fuji” apple as affected by crop load and rates of nitrogen. *Acta Horticulturae*, **721**: 147-152.
- Cole, W.E., Amman, G.D. e Jensen, C.E. 1976. Mathematical models for mountain pine beetle-lodgepole pine interactions. *Environmental Entomology*, **5**: 11-19 (citado por Pinto, 1998).
- Coneva, E.D. e Cline, J.A. 2006. Blossom thinners reduce crop load and increase fruit size and quality of peaches. *HortScience*, **41**: 1253-1258.
- Costa, J.B. 1975. *Caracterização e constituição do solo*. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 527 pp.
- Couplan, F. 1998. *Guide nutritionnel des plantes*. Editions Delachaux et Niestlé S.A., Paris, 255 pp.
- Cravedi, P. e Jörg, E. 1996. Special challenges for IFP in stone and soft fruit. *Acta Horticulturae*, **422**: 48-56.
- Crisosto, C.H. e Crisosto, G.M. 2005. Relationship between ripe soluble solids concentration (RSSC) and consumer acceptance of high and low acid melting flesh peach and nectarine (*Prunus persica* (L.) Batsch) cultivars. *Postharvest Biology and Technology*, **38**: 239-246.
- Crisosto, C.H., Johnson, R.S., DeJong, T. e Day, K.R. 1997. Orchard factors affecting postharvest stone fruit quality. *HortScience*, **32**: 820-823.
- Cuquel, F.L., Monte, B., Motta, A.C., May de Mio, L.L. e Monteiro, L.B. 2006. Quality of peach fruits produced under Integrated Fruit Production Management. *Acta Horticulturae*, **713**: 357-360.
- Daane, K.M., Johnson, R.S., Michailides, T.J., Crisosto, C.H., Dlott, J.W., Ramirez, H.T., Yokota, G.Y. e Morgan, D.P. 1995. Excess nitrogen raises nectarine susceptibility to disease and insects. *California Agriculture*, **49**: 8-13.

- DeJong, T.M. 2006. Physiological and developmental principles of peach tree and fruit growth related to management practices. *Acta Horticulturae*, **713**: 161-168.
- DeJong, T.M. e Day, K.R. 1989. Designing the orchard. In LaRue, J.H. e Johnson, R.S. (eds) *Peaches, plums and nectarines growing and handling for fresh market*, pp. 16-20. University of California, Oakland.
- Delgado, M. 2003. Pêches et nectarines Réhabiliter le productivisme raisonné. *Arboriculture fruitière*, **570**: 19-21.
- Delwiche, M.J. 1987. Grader performance using a peach ground color maturity chart. *HortScience*, **22**: 87-89.
- Ding, Y., Luo, W. e Xu, G. 2006. Characterisation of magnesium nutrition and interaction of magnesium and potassium in rice. *Annals of Applied Biology*, **149**: 111-123.
- Diogo, E. e Phillips, A. 2007. Variabilidade genética de duas populações de *Phomopsis* sp. em amendoeira. 5º Congresso Sociedade Portuguesa de Fitopatologia, Coimbra (*in press*).
- Dong, S., Cheng, L., Scagel, C.F. e Fuchigami, L.H. 2004. N uptake, soil retention and loss of soil-applied ¹⁵NH₄¹⁵NO₃ in young Fuji/M.26 apple trees with different N status. *The Journal of Horticultural Science & Biotechnology*, **79**: 395-399.
- DRABI – Direção Regional de Agricultura da Beira Interior 1998. Breve caracterização da região agrária da Beira Interior. Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas, 43 pp.
- Duarte, L., Pacheco, C. e Soveral-Dias, J.C. 1998. Métodos de análise de material vegetal. Laboratório Químico Agrícola Rebelo da Silva, INIA, Lisboa.
- Fallahi, E., Colt, W.M., Fallahi, B. e Chun, I.J. 2001. Influence of different rates of nitrogen on fruit quality, yield and photosynthesis of “Fuji” apple. *Acta Horticulturae*, **564**: 261-268.
- FAO 2003. Lecture notes on the major soils of the world. www.fao.org/DOCREP/003/Y1899E/y1899e08.htm
- Farina, V., Lo Bianco, R. e Inglese, P. 2005. Vertical distribution of crop load and fruit quality within vase- and y-shaped canopies of “Elegant Lady” peach. *HortScience*, **40**: 587- 591.
- Fenn, P. s/d. *Phomopsis* twig blight and fruit rot. www.ent.uga.edu/peach/peachhbk/fungal/phomopsis.pdf
- Fernández-Escobar, R., Beltrán, G., Sánchez-Zamora, M.A., Garcia-Novelo, J., Aguilera, M.P. e Uceda, M. 2006. Olive oil quality decreases with nitrogen over-fertilization. *HortScience*, **41**: 215-219.
- Ferreira, J.T. 1988. Renovação frutícola o pessegueiro. Estação Nacional de Fruticultura Vieira da Natividade. Instituto Nacional de Investigação Agrária. Alcobaça, 19 pp.
- Ferreira, J. e Nunes, J. 2004. Posto meteorológico. Dados referentes a 2003. Escola Superior Agrária de Castelo Branco, Castelo Branco.
- Firbank, L.G. 2005. Striking a new balance between agricultural production and biodiversity. *Annals of Applied Biology*, **146**: 163-175.
- Forlani, M., Basile, B., Cirillo, C. e Iannini, C. 2002. Effects of harvest date and fruit position along the tree canopy on peach fruit quality. *Acta Horticulturae*, **592**: 459-466.
- Fosket, D. 1994. *Plant growth and development: a molecular approach*. Academic Press, Irvine – California, 580 pp.

- Fournier, D., Coste, E. e Guédon, Y. 1998. A comparison of different fruiting shoots of peach trees. *Acta Horticulturae*, **465**: 557-566.
- Gautier, M. 1988. *La culture fruitière. Les productions fruitières*. Vol. 2. J.B.Baillière, Lavoisier, Paris, 452 pp.
- Geizler, D.R. e Gara, R.I. 1978. Mountain pine beetle attack dynamics in lodgepole pine. In Berryman, A.A., Amman, R.W. e Stark, R.W. (eds). *Theory and practice of mountain pine beetle management in lodgepole pine forests* (Symposium Proceedings), pp. 182-187. Washington State University, Pullman (citado por Mitchell e Preisler, 1991).
- Gianquinto, G., Sambo, P. e Borsato, D. 2006. Determination of SPAD threshold values for optimisation of nitrogen supply in processing tomato. *Acta Horticulturae*, **700**: 159-166.
- Gimenez, C., Diaz, E., Rosado, F., Garcia-Ferrer, A., Sanchez, M., Parra, M., Díaz, M. e Peña, F. 2001. Characterization of current management practices with high risk of nitrate contamination in agricultural areas of southern Spain. *Acta Horticulturae*, **563**: 73-80.
- Grasmanis, V.O. e Edwards, G.R. 1974. Promotion of flower initiation in apple trees by short exposure to the ammonium ion. *Australian Journal of Plant Physiology*, **1**: 99-105.
- Grossman, Y.L. e DeJong, T.M. 1994. PEACH: a simulation model of reproductive and vegetative growth in peach trees. *Tree Physiology*, **14**: 329-345.
- Guak, S., Cheng, L. e Fuchigami, L.H. 2001. Foliar urea pretreatment tempers inefficient N recovery resulting from copper chelate (CuEDTA) defoliation of apple nursery plants. *The Journal of Horticultural Science & Biotechnology*, **76**: 35-39.
- Habib, R. 2000. Modeling fruit acidity in peach trees effects of nitrogen and potassium nutrition. *Acta Horticulturae*, **512**: 141-148.
- Haltrich, A., Papp, J., Fail, J. e Kis, L. 2000. Effect of nitrogen-fertilizers and apple cultivars on aphids under IPM treatment conditions. *Acta Horticulturae*, **525**: 209-216.
- Herrera, J.L. e Pérez, M.P.Y. 1998. *Suelos, abonos y materia orgánica. Los frutales*. Vol.1. Idea Books, Barcelona, 264 pp.
- Herrewijn, P. 1972. Wing production by the aphid *Myzus persicae* related to nutritional factors in potato plants and artificial diets. In Rodriguez, J.G. (ed.). *Insect and mite nutrition*, pp. 575-588. Amsterdam.
- Heuvel, J.E.V. e Davenport, J.R. 2006. Growth and carbon partitioning in cranberry uprights as influenced by nitrogen supply. *HortScience*, **41**: 1552-1558.
- Hilaire, C. e Giauque, P. 1994. *"Pêche" les variétés & leur conduite*. Ctifl, Paris, 307 pp.
- Horst, W.J. e Marschner, H. 1978. Effect of excessive manganese supply on uptake and translocation of calcium in bean plants (*Phaseolus vulgaris* L.). *Zeitschrift für Pflanzenphysiologie*, **87**: 137-148 (citado por Marschner, 1995).
- Horta, M.C. e Nunes, J. 2007a. Dados climáticos referentes a 2006. Posto meteorológico da Escola Superior Agrária de Castelo Branco. Escola Superior Agrária de Castelo Branco, Castelo Branco.
- Horta, M.C. e Nunes, J. 2007b. Dados climáticos referentes ao período 1986-2005. Posto meteorológico da Escola Superior Agrária de Castelo Branco. Escola Superior Agrária de Castelo Branco, Castelo Branco.
- Horta, M.C. e Nunes, J. 2008. Dados climáticos referentes a 2007. Posto meteorológico da Escola Superior Agrária de Castelo Branco. Escola Superior Agrária de Castelo Branco, Castelo Branco.

- Huber, D.M. e McCay-Buis, T.S. 1993. A multiple component analysis of take-all diseases of cereals. *Plant Disease*, **77**: 437-447.
- Huber, D.M. e Thompson, I.A. 2007. Nitrogen and plant disease. In Datnoff, L.E., Elmer, W.H. e Huber, D.M. (eds). *Mineral nutrition and plant disease*, pp. 31-44. APS Press, St. Paul, Minnesota.
- Huber, D.M. e Watson, R.D. 1974. Nitrogen form and plant disease. *Annual Review of Phytopathology*, **12**: 139-165.
- Huber, D.M., Schulze, D.G., Shahjahan, A.K.M., Levy, M., Bajt, S. e Illman, B.L. 2000. Rice blast: virulence and oxidation states of manganese. *Phytopathology*, **90**: S37.
- IA – Instituto do Ambiente (ed.) 1998. Atlas do Ambiente Digital.
- IM – Instituto de Meteorologia 2005. Acompanhamento da situação de seca em Portugal continental. www.meteo.pt
- INE – Instituto Nacional de Estatística 2001. Recenseamento Geral da Agricultura, 1999.
- INE – Instituto Nacional de Estatística 2005. Estatísticas Agrícolas, 2004.
- Jailloux, F. e Froidefond, G. 1974. Recherche d'un test de sensibilité variétale du pêcher à l'égard du *Fusicoccum amygdali* Del. *Revue de Zoologie Agricole et de Patologie Végétale*, **73**: 140-148.
- Jailloux, F. e Froidefond, G. 1978a. Comportement variétal du pêcher à l'égard du *Fusicoccum amygdali*. *Arboriculture fruitière*, **292**: 39-41.
- Jailloux, F. e Froidefond, G. 1978b. Influence de la concentration de l'inoculum et du stade de défeuillaison sur la réceptivité des plaies pétiolaires du Pêcher à l'égard du *Fusicoccum amygdali* Del., agent du chancre. *Annales de Phytopathologie*, **10**: 39-44.
- Jailloux, F. e Froidefond, G. 1978c. Réceptivité à l'égard du *Fusicoccum amygdali* Del. de quelques hybrides pêcher x amandier, porte-greffes du pêcher et de l'amandier. *Annales de Phytopathologie*, **10**: 171-175.
- Jailloux, F. e Froidefond, G. 1985. Sensibilité de 27 variétés de pêcher vis-à-vis de *Fusicoccum amygdali* Del., agent du chancre des rameaux. *Agronomie*, **5**: 515-520.
- Jailloux, F., Bouchot, D. e Froidefond, G. 1974. Le chancre a *Fusicoccum amygdali* Del. Quelques nouveaux aspects de sa biologie. *Arboriculture fruitière*, **248**: 29-31.
- Johnson, R.S., Andris, H., Day, K. e Beede, R. 2006. Using dormant shoots to determine the nutritional status of peach trees. *Acta Horticulturae*, **721**: 285-290.
- Jones, A.L. e Sutton, T.B. s/d. www.caf.wvu.edu/kearneysville/disease_descriptions/fusicom.html
- Jones, J.B., Chase, A.R., Harbaugh, B.K. e Raju, B.C. 1985. Effect of leaf wetness, fertiliser rate, leaf age and light intensity before inoculation on bacterial leaf spot of *Chrysanthemum*. *Plant Disease*, **69**: 782-784.
- Jones, J.B.Jr, Wolf, B. e Mills, H.A. 1991. *Plant analysis handbook*. Micro-Macro Publishing, Inc., Georgia, 213 pp.
- Jordan, M.O., Gomez, L. e Médiène, S. 2001. Regulation of N uptake in young peach trees in relation to the management of carbon and nitrogen stores. *Acta Horticulturae*, **564**: 63-70.

- Jordão, P.V., Calouro, F., Duarte, M.L., Vicente, M.A. e Soveral Dias, J.C. 2004. Efeito da adubação com azoto e boro na produção da pereira cv. Rocha num aluviossolo da região Oeste. *Revista das Ciências Agrárias*, **XXVII**: 137-149.
- Jordão, P.V., Simões, M.P., Gomes, P., Barateiro, A., Santos, F., Simão, P., Marcelo, E. e Calouro, F. 2008. Evaluation of the nutritional status of peach orchards in the Portuguese region of Beira Interior: I- Establishment of the most suitable sampling date for leaf analysis. Proc. VI International ISHS Symposium on Mineral Nutrition of Fruit Crops (*in press*).
- Jovanovic, Z., Djakovic, T., Stikic, R., Prokic, Lj. e Sukalovic, V.H. 2004. Effect of N deficiency on leaf growth and cell wall peroxidase activity in contrasting maize genotypes. *Plant and Soil*, **265**: 211-223.
- Kader, A.A. 2002. *Postharvest technology of horticultural crops*. University of California, 535 pp.
- Kader, A.A. e Mitchell, F.G. 1989. Maturity and Quality. In: Barnett, W.W., Day, K.R., DeJong, T.M., Dibble, J.E., Goldhamer, D.A., Johnson, R.S., Kader, A.A., Kirkpatrick, B.C., Larue, J.H., McKenry, M.V., Norton, M.V., Nyland, G., Ogawa, J.M., Peacock, W.L., Peherson, J.E., Ramming, D.W., Rice, R.E., Snyder, R.L., Sommer, N.F., Teviotdale, B.L., Uriu, K., Yoshikawa, F.T. e Zikratch, T.R. (LaRue e Johnson, eds). *Peaches, plums, and nectarines*, pp. 191-196. University of California, Oakland.
- Kang, B.T. e Fox, R.L. 1980. A methodology for evaluating the manganese tolerance of cowpea (*Vigna unguiculata*) and some preliminary results of field trials. *Field Crops Research*, **3**: 199-210 (citado por Marschner, 1995).
- Klingauf, F.A. 1987. Host plant finding and acceptance. In Minks, A.K. e Harrewijn, P. (eds). *Aphids, their biology, natural enemies and control*, pp 209-223. Série World Crop Pests, Vol. 2A. Elsevier, Amsterdam.
- Laegreid, M., Bøckman, O.C. e Kaarstad, O. 1999. *Agriculture, fertilizers and the environment*. CABI Publishing, Norsk Hydro ASA, Porsgrunn, 294 pp.
- Lalancette, N. e Polk, D.F. 2000. Estimating yield and economic loss from constriction canker of peach. *Plant Disease*, **84**: 941-946.
- Lalancette, N. e Robison, D.M. 2001. Seasonal availability of inoculum for constriction canker of peaches in New Jersey. *Phytopathology*, **91**: 1109-1115.
- Lalancette, N. e Robison, D.M. 2002. Effect of fungicides, application timing, and canker removal on incidence and severity of constriction canker of peach. *Plant Disease*, **86**: 721-728.
- Lalancette, N., Foster, K.A. e Robison, D.M. 2003. Quantitative models for describing temperature and moisture effects on sporulation of *Phomopsis amygdali* on peach. *Phytopathology*, **93**: 1165-1172.
- Lampreia, F. 2001. *Porta-enxertos de pessegueiro*. Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas. Direcção Geral das Culturas. Oeiras.
- Larrieu, J.F., Saint-Hilary, J.F. e Audubert, A. 1998. La qualité, une question d'équilibre. *L'Arboriculture Fruitière*, **160**: 47-48.
- Latham, A.J., Morgan-Jones, G. e Champbell, H.L. 1992. Phomopsis dieback of peach shoots in Alabama. *Plant Disease*, **76**: 426.
- Laywisadkul, S. 2007a. Plant growth stage and environment alter susceptibility of *Pyrus communis* to *Phytophthora syringae*. In Laywisadkul, S. (ed). Factors affecting the incidence and

- severity of *Phytophthora syringae* cankers in pear (*Pyrus communis*). Dissertation for Doctor of Philosophy in Plant Physiology, Oregon State University, pp. 54-78.
- Laywisadkul, S. 2007b. Plant in status, fungicide application, and time of year alter susceptibility of *Pyrus communis* to *Phytophthora syringae*. In Laywisadkul, S. (ed). Factors affecting the incidence and severity of *Phytophthora syringae* cankers in pear (*Pyrus communis*). Dissertation for Doctor of Philosophy in Plant Physiology, Oregon State University, pp. 16-53.
- Laywisadkul, S. 2007c. Wound age alters susceptibility of *Pyrus communis* to *Phytophthora syringae*. In Laywisadkul, S. (ed). Factors affecting the incidence and severity of *Phytophthora syringae* cankers in pear (*Pyrus communis*). Dissertation for Doctor of Philosophy in Plant Physiology, Oregon State University, pp. 92-107.
- Lebart, L., Morineau, A. e Piron, M. 1997. *Statistique exploratoire multidimensionnelle*. Dunod 2^a éd., 439 pp.
- Lester, G.E. e Tong, C.B.S. 2006. Introduction to the colloquium. *HortScience*, **41**: 58.
- Lindhard, P.H. e Hansen, P. 1997. Effect of timing of nitrogen supply on growth, bud, flower and fruit development of young sour cherries (*Prunus cerasus* L.). *Scientia Horticulturae*, **69**: 181-188.
- Lo, P.L., McLaren, G.F. e Walker, J.T.S. 2000. Developments in pest management for integrated fruit production of stone fruit in New Zealand. *Acta Horticulturae*, **525**: 93-100.
- Lonescu, S. e Giauque, P. 2004. Variétés précoces: réussir la conduite. *Arboriculture fruitière*, **583**: 25-27.
- López, C.M., Fortea, V.P., Suárez, P.C., Alonso, R.H. e Pena, G.S. 2003. *Sanidad Florestal*. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, 575 pp.
- Lourenço, A. 1997. Contribuição para o conhecimento do voo dos afídeos em Portugal (Homoptera, Aphidoidea). *Agonomia Lusitana*, **45** (Suplemento n.º 2): 1-25.
- Lovatt, C. 2008. Properly timed foliar fertilization can and should result in a yield benefit and net increase in grower income. VI International ISHS Symposium on Mineral Nutrition of Fruit Crops (abstract): 101.
- LQARS – Laboratório Químico Agrícola Rebelo da Silva (ed), 2008. Avaliação do estado de nutrição de olivais, vinhas e pomares de prunóideas. Aferição de valores de referência para interpretação da análise foliar a utilizar em produção integrada. Relatório final do projecto Agro n° 452, Lisboa.
- LQARS – Laboratório Químico Agrícola Rebelo da Silva, 2000. *Manual de fertilização das culturas*. Instituto Nacional de Investigação Agrária, Lisboa, 221 pp.
- LQARS – Laboratório Químico Agrícola Rebelo da Silva, 2006. *Manual de fertilização das culturas*. Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas, Lisboa, 282 pp.
- MACP – Ministério da Agricultura, Comércio e Pescas (editor). 1982. Pragas e agentes patogénicos em 1.^a lista de zonagem para a região da Beira interior. Lisboa, 82 pp.
- MADRP – Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas (ed). 1997. *Código das Boas Práticas Agrícolas*. Lisboa, 52 pp.
- Malavolta, C., Cross, J.V., Cravedi, P. e Jörg, E. 2003. Guidelines for integrated production of stone fruits. OILB technical guideline III (2nd ed.). *IOBC npr's Bulletin*, **26(x)**, 10 pp.

- Marcelle, R.D. 1995. Mineral nutrition and fruit quality. *Acta Horticulturae*, **383**: 210-226.
- Marini, R.P. e Sowers, D.L. 1994. Peach fruit weight is influenced by crop density and fruiting shoot length but not position on the shoot. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, **119**: 180-184.
- Maroco, J. 2007. *Análise estatística com utilização do SPSS*. Edições Sílabo (3ª ed.). Lisboa, 822 pp.
- Marschner, H., 1995. *Mineral nutrition of higher plants* (2nd ed.). Academic Press, London, 889 pp.
- Martins, J. e Lopes, A. 2008. Diagnóstico de doenças fisiológicas e de desequilíbrios da nutrição em fruteiras. Folheto de divulgação publicado no âmbito do projecto Agro 841 – Incremento e valorização da Maçã Bravo de Esmolfe, Viseu.
- Martins, M., e Oliveira, M.M. 2004. *Fusicoccum* canker in almond orchards – biotechnology tools for early selection of tolerant genotypes. *FAO-CIHEAM Nucis-Newsletter*, **12**: 12-15.
- Martins, M., Sarmiento, D., Oliveira, M.M., Batlle, I. e Vargas, F. J. 2002. Search for molecular markers linked to *Fusicoccum* tolerance in Almond. *Acta Horticulturae*, **577**: 87-90.
- Médiène, S., Pagès, L., Jordan, M.-O., Le Bot, J. e Adamowicz, S. 2002. Influence of nitrogen availability on shoot development in young peach trees [*Prunus persica* (L.) Batsch]. *Trees*, **16**: 547-554.
- Melgarejo, P., Hernández, F., Martínez, J., Salazar, D., Martínez, R., Martínez, J. e Martínez, R.M.(eds) 2001. *Práticas de fruticultura I*. Valencia.
- Michailides, T.J. e Thomidis, T. 2006. First report of *Phomopsis amygdali* causing fruit rot on peaches in Greece. *Plant Disease*, **90**: 1551.
- Millard, P. 1993. A review of internal cycling of nitrogen within trees in relation to soil fertility. In Fragoso, M.A.C. e Beusichem, M.L. van (eds). *Optimization of plant nutrition*, pp. 623-628. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Mitchell, R.G. e Preisler, H.K. 1991. Analysis of spatial patterns of lodgepole pine attacked by outbreak populations of the mountain pine beetle. *Forest Science*, **37**: 1390-1408.
- Mobley, K.N. e Marini, R.P. 1990. Gas exchange characteristics of apple and peach leaves infested by european red mite and twospotted spider mite. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, **115**: 757-761.
- Monge, E., Madero, P., Val, J. e Blanco, A. 1993a. Effects of paclobutrazol application and fruit load on microelement concentrations in peach leaves. In Fragoso, M.A.C. e Beusichem, M.L. van (eds). *Optimization of plant nutrition*, pp. 319-323. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Monge, E., Pérez, C., Pequerul, A., Madero, P. e Val, J. 1993b. Effects of iron chlorosis on mineral nutrition and lipid composition of thylakoid biomembrane in *Prunus persica* (L.) Bastch. In Fragoso, M.A.C. e Beusichem, M.L. van (eds). *Optimization of plant nutrition*, pp. 477-482. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Morales, E.J., Pérez, E.N. e Nafria, J.M.N. 1992. Reservorios silvestres de parasitoides de pulgones del género *Aphis* con interés agrícola en la provincia de León. (Hym., Braconidae: Aphidiinae; Hom., Aphididae) *Boletín de Sanidad Vegetal "Plagas"*, **18**: 309-313.
- Motisi, A., Marra, F.P., Penice, F., Caruso, T., Gullo, G., Mafrica, R. e Zappia, R. 2006. Relationship between canopy architecture and fruit quality on "Rich May" peach grafted onto "Penta" and "GF677" rootstocks. *Acta Horticulturae*, **713**: 365-372.

- Motosugi, H., Gao, Y.-P. and Sugiura, A. 1995. Rootstock effects on fruit quality of “Fuji” apples grown with ammonium or nitrate nitrogen in sand culture. *Scientia Horticulturae*, **61**: 205-214.
- Murray, R., Yommi, A., Valentini, G. e Tonelli, F. 1998. Storage life and quality of peach fruit harvested at different stages of maturity. *Acta Horticulturae*, **465**: 455-462.
- Nam, M.H., Jeong, S.K., Lee, Y.S., Choi, J.M. e Kim, H.G. 2006. Effects of nitrogen, phosphorus, potassium and calcium nutrition on strawberry anthracnose. *Plant Pathology*, **55**: 246-249.
- Neeteson, J.J. e Carton, O.T. 2001. The environmental impact of nitrogen in field vegetable production. *Acta Horticulturae*, **563**: 21-28.
- Neilsen, D., Millard, P., Neilsen, G.H. e Hogue, E.J. 2001. Nitrogen uptake, efficiency of use, and partitioning for growth in young apple trees. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, **126**: 144-150.
- Neto, C.S.B. 2007. Estudo da dinâmica do azoto em pereira (*Pyrus communis* L.). Dissertação para a obtenção do grau de Doutor em Engenharia Agronômica, Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa, 293 pp.
- Neto, C., Carranca, C., Varennes, A., Sobreiro, J. e Clemente, J. 2006. Diagnosing nitrogen status of pear trees through Minolta SPAD-502 chlorophyll meter readings, pp 391-397. In Tejo, P., Sánchez, C., Iriarte, I e Juez, J. (eds.). *Nutrición Mineral Aspectos fisiológicos, agronómicos y ambientales*, Universidad Pública de Navarra, Pamplona.
- Nguyen, H., Hofman, P., Holmes, R., Bally, I., Stubbings, B. e McConchie, R. 2004. Effect of nitrogen on skin colour and other quality attributes of ripe “Kensington Pride” mango (*Mangifera indica* L.) fruit. *The Journal of Horticultural Science & Biotechnology*, **79**: 204-210.
- Nunes, J. 2006. Dados climáticos referentes a 2005. Escola Superior Agrária de Castelo Branco, Castelo Branco.
- Nunes, R.C. 2005. Estudo do estado de nutrição e avaliação da produção e qualidade de duas cultivares de pessegueiros na região da Beira Interior. Relatório do Trabalho de Fim de Curso de Engenharia das Ciências Agrárias – ramo Agrícola. Escola Superior Agrária de Castelo Branco, Castelo Branco, 62 pp.
- Nutter, F.W.Jr., Teng, P.S. e Shokes, F.M. 1991. Disease assessment terms and concepts. *Plant Disease*, **75**: 1187-1188.
- Ogawa, J.M. e English, H. 1995. Shot hole. In Ogawa, J.M., Zehr, E.I., Bird, G.W., Ritchie, D.F., Uriu, K. e Uyemoto, J.K. (eds). *Compendium of stone fruit diseases*, pp. 10-11. American Phytopathological Society, St. Paul, Minnesota.
- Olienyk, P., Gonzalez, A.R., Mauromoustakos, A., Patterson, W.K., Rom, C.R. e Clark, J. 1997. Nitrogen fertilization affects quality of peach puree. *HortScience*, **32**: 284-287.
- Pacumbaba, R.P. Brown, G.F. e Pacumbaba, R.O.Jr. 1997. Effect of fertilizers and rates of application on incidence of soybean diseases in Northern Alabama. *Plant Disease*, **81**: 1459-1460.
- Pajares, J.A., Díez, J.J., Garcia, S., García-Vallejo, C. e Martín, D. 2004. Preferencias de alimentación de los escolítidos del olmo frente a extractos de distintas especies de olmos. *Boletín de Sanidad Vegetal “Plagas”*, **30**: 229-238.

- Papp, J., Jenser, G. e Haltrich, A. 2001. Effect of nitrogen supply on the population of european red spider mite and green aphid in an IPM apple orchard. *Acta Horticulturae*, **564**: 407-412.
- Paygami, E. 1977. Contribution à l'étude de la biologie du *Fusicoccum amygdali* Del. et de ses rapports avec le rameau de pêcher *Prunus persica* (L.) Batsth. Thèse pour docteur-ingénieur. Université de Bordeaux I, Bordeaux, 132 pp.
- Pereira, J.F. 2001. Indicações úteis para o combate ao cancro *Fusicoccum* do pessegueiro em protecção integrada. *Crisopa*, 19 Setembro: 16.
- Pinto, M.A. 1998. Modelos de previsão de ataques de escolitídeos em povoamentos de *Pinus pinaster* Aiton. *Boletín de Sanidad Vegetal "Plagas"*, **24**: 429-434.
- Pires, B.A. 2005. Acompanhamento de pomares de pessegueiros para avaliação do potencial produtivo e estado de nutrição. Relatório do Trabalho de Fim de Curso de Engenharia das Ciências Agrárias – ramo Agrícola. Escola Superior Agrária de Castelo Branco, Castelo Branco, 55 pp.
- Plenet, D., Navarro, E., Giaucque, P., Hostalnou, E., Milan, M. e Aymard, J. 2003. Pêches et nectarines – Analyse des performances des vergers de pêchers à partir de la base de données EFI. *Arboriculture Fruitière*, **568**: 19-23.
- Policarpo, M., Di Marco, L., Gioacchini, P. e Tagliavini, M. 2002. Nitrogen use efficiency and N partitioning in early and late fruit ripening peach varieties. *Acta Horticulturae*, **592**: 543-547.
- Policarpo, M., Farina, V., Volpe, G. e Bianco, R.L. 2006. Seasonal changes in calcium content in early and late peach cultivars. *Acta Horticulturae*, **713**: 177-182.
- Pollini, A., Ponti, I. e Laffi, F. 1991. *Pesco, avversità & difesa*. L'Informatore Agrario, Verona, 152pp.
- Porro, D., Dorigatti, C., Stefanini, M. e Ceschini, A. 2001. Use of SPAD meter in diagnosis of nutritional status in apple and grapevine. *Acta Horticulturae*: **564**, 243-252.
- Porro, D., Stefanini, M., Dorigatti, C., Ziller, L., Carmin, F. e Policarpo, M. 2008. Nitrogen foliar uptake and partitioning in *Cabernet Sauvignon* grapevines. VI International ISHS Symposium on Mineral Nutrition of Fruit Crops (abstract): 49.
- Portela, E.A.C. 1993. Potassium supplying capacity of northeastern Portuguese soils. In Frago, M. A. C. e Beusichem, M. L. van. (eds). *Optimization of plant nutrition*, pp. 57-64. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Quartieri, M., Tagliavini, M., Marangoni, B. e Millard, P. 1998. Storage and remobilisation of nitrogen in nectarine trees is affected by the timing of N uptake. *Acta Horticulturae*, **465**: 319-326.
- Raese, J.T. e Staiff, D.C. 1989. Effect of fertilizers, rootstocks and season on fruit quality, fruit disorders and mineral composition of d'Anjou pears. *Acta Horticulturae*, **256**: 183-188.
- Raina, J.N., Thakur, B.C., Shuman, S. e Saphia, R.S. 2005. Effect of fertigation through drip system on nitrogen dynamics, growth, yield and quality of apricot. *Acta Horticulturae*, **696**: 227-231.
- Rana, G.S., Sehrawat, S.K., Daulta, B.S. e Beniwal, B.S. 2005. Effect of drip irrigation and rootstocks on N, P and K leaf content in peach under high density plantation. *Acta Horticulturae*, **696**: 223-226.

- Regato, M., Almeida, V., Sousa, R., Guerreiro, I e Silva, O. 2002. Influência da aplicação de três doses de azoto na produtividade do pessegueiro. Ilha do Conhecimento. COTHN. Alcobaça.
- Rego, M.C.N.F. 1995. *Phomopsis amygdali* (Del.) Tuset & Portilla. Laboratório de Patologia Vegetal “Veríssimo de Almeida”. Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 67 pp.
- Ribeiro, S.G. 2006. Avaliação do estado de nutrição e potencial produtivo em sete pomares de pessegueiros da região da Beira Interior. Relatório do Trabalho de Fim de Curso de Engenharia das Ciências Agrárias – ramo Agrícola. Escola Superior Agrária de Castelo Branco, Castelo Branco, 51 pp.
- Rosecrance, R.C., Johnson, S. e Weinbaum, S.A. 1997. Peach leaves do take up foliarly applied urea nitrogen. *HortScience*, **32**: 498 (Abstract).
- Rosenberger, D. 1996. Update on pest management and crop development – peach constriction disease. *Scaffolds Fruit Journal*, **5**.
- Rossi, V., Bolognesi, M., Languasco, L. e Giosuè, S. 2006. Influence of environmental conditions on infection of peach shoots by *Taphrina deformans*. *Phytopathology*, **96**: 155-163.
- Rufat, J. e Arbonés, A. 2006. Foliar applications of boron to almond trees in dryland areas. *Acta Horticulturae*, **721**: 219-226.
- Rufat, J., Domingo, X., Arbonés, A., Villar, J.M., Villar, P. e Pascual, M. 2008. Irrigation and nitrogen fertilization effects on growth, yield and fruit quality parameters in peaches for processing. VI International ISHS Symposium on Mineral Nutrition of Fruit Crops (*in press*).
- Ruiz, R. 2006. Effects of different potassium fertilizers on yield, fruit quality and nutritional status of “Fairlane” nectarine trees and soil fertility. *Acta Horticulturae*, **721**: 185-190.
- Sacchetti, G. 1981. *Fusicoccum amygdali*, agente dei cancri e dei disseccamenti di rami e branche di pesco. *L'Informatore fitopatologico*, **10**: 25-31 (citado por Rego, 1995).
- Saint-Hilary, J.F. e Audubert, A. 1995. Golden: rendement et qualité. *Infos Citifl*, **108**: 36-39.
- Salaya, G.F. 1997. Fruticultura – El potencial produtivo, crecimiento vegetativo y diseño de huertos y viñedos. Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago, 342 pp.
- Salvador, M.E., Lizana, L.A., Luchsinger, L.E., Alonso, E. e Loyola, E. 1998. Locality effect on some fruit quality parameters in peaches and nectarines. *Acta Horticulturae*, **465**: 447-454.
- Satar, S. e Yokomi, R. 2001. Effect of temperature on the biology of *Brachycaudus schwartzii* (Homoptera: Aphididae). Entomological Society of America, Eighty-Fifth Annual Meeting. www.pbesa.ucdavis.edu/abs.pdf
- Sauge, M.H. 1998. Analysis of the mechanisms of resistance to the green peach aphid in several *Prunus* genotypes. *Acta Horticulturae*, **465**: 737-739.
- Schnabel, G. e Lalancette, N. 2003. Constriction canker management in peach. *Southeastern Regional Peach Newsletter*, **3** (3), 7 pp.
- Schoonhoven, L.M. 1972. Some aspects of host selection and feeding in phytophagous insects. In Rodriguez, J.G. (ed.). *Insect and mite nutrition*, pp. 556-566. Amsterdam.
- Sierra, J.M. e Martín, A.B. 2004. Efectividad de trampas de feromona en la captura masiva de *Ips sexdentatus* Boern. (Coleoptera: Scolytidae), escoltido perforador de los pinos. *Boletín de Sanidad Vegetal “Plagas”*, **30**: 745-752.

- Silva, A.C.S. 2004. O pomar de pessegueiros da ESA – acompanhamento do 4º ciclo vegetativo. Relatório do Trabalho de Fim de Curso de Engenharia das Ciências Agrárias – ramo Agrícola. Escola Superior Agrária de Castelo Branco, Castelo Branco, 62 pp.
- Simeone, A.M. e Cappelini, P. 1997. Changes in transpiration of peach trees after inoculation with *Phomopsis amygdali*. *Petria*, **7**: 173-180.
- Simões, D. (ed.) 1963. *Planeamento regional Cova da Beira*. Fundão, 107 pp.
- Simões, M.P. 2001. Novo pomar de pessegueiros da ESA. Relatório de implantação. Escola Superior Agrária de Castelo Branco, Castelo Branco, 19 pp.
- Simões, M.P. 2004. Pomar de pessegueiros da ESA (3º ciclo vegetativo). Escola Superior Agrária de Castelo Branco, 19 pp.
- Simões, M.P., Paulo, M.J. e Luz, J.P. 2005. Susceptibilidade de pessegueiros a *Phomopsis amygdali* sujeitos a diferentes níveis de fertilização azotada. *Actas Portuguesas de Horticultura*, **3**: 204-210, Porto.
- Simões, M.P. e Carvalho, M.L. 2008. Relatório final do projecto Agro 452. Escola Superior Agrária de Castelo Branco – Instituto Politécnico de Castelo Branco, Castelo Branco, 28 pp (Anexos 183 pp).
- Simões, M.P., Luz, J.P. e Calouro, M.F. 2007. Effect of different nitrogen fertilizer level on susceptibility of peach trees to *Phomopsis amygdali*. VIII International Symposium of temperate Zone Fruits in the Tropics and Subtropics. *Acta Horticulturae (in press)*.
- Simões, M.P., Nunes, S., Cardoso, P., Calouro, M.F. e Luz, J.P. 2006. Influência da fertilização azotada na composição mineral das folhas e polpas de frutos em pessegueiro da cv. Rich Lady. vol. II, 301-309. In Tejo, P., Sánchez, C., Iriarte, I e Juez, J. (eds.). *Nutrición Mineral, Aspectos fisiológicos, agrónómicos y ambientales*, Universidade Pública de Navarra, Pamplona, 725pp.
- Smith, I.M., Dunez, J., Phillips, D.H., Lelliott, R.A. e Archer, S.A. 1988. *European handbook of plant diseases*. Blackwell Scientific Publications, Oxford, 583 pp.
- Soing, P., Vaysse, P., Bourd, M., Charmont, S., Jourdain, J.M., Libourel, G., Puel, T. e Raynal, C. 1999. *Fertilisation des vergers: environnement et qualité*. Ctifl, Paris, 86 pp.
- Southwick, S.M., Rupert, M.E., Yeager, J.T., Weis, K.G., Kirkpatrick, B.C., Little, E.L. e Westerdahl, B.B. 1997. Relationship between nitrogen fertilization and bacterial canker in “French” prune. *HortScience*, **32**: 520.
- Spada, G. e Mazzini, F. 2002. È difficile debelare il cancro del pesco. *Mallattie delle piante*. R C Ltur, Setembro: 75-76. www.ermesagricoltura.it/rivista/2002/settembre/ra020975.pdf
- Srivastava, P.N. 1987. Nutrition physiology. In Minks, A.K. e Harrewijn, P. (eds). *Aphids, their biology, natural enemies and control*. Series World Crop Pests, vol. 2A, pp. 99-117. Elsevier, Amsterdam.
- Strand, L.L. 1999. *Integrated pest management for stone fruits*. Division of Agriculture and Natural Resources. University of California, 264 pp.
- Strobel, G.A. 1974. Phytotoxins produced by plant parasites. *Annual Review of Plant Physiology*, **25**: 541-566.
- Strobel, G.A. 1982. Phytotoxins. *Annual Review of Biochemistry*, **51**: 309-333.
- Tabilio, M.R., Chiariotti, A. e Scortichini, M. 1998. Hedgerows: a barrier against *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* infections in organic peach orchard. *Acta Horticulturae*, **465**: 703-708.

- Tagliavini, M., Millard, P. e Quartieri, M. 1998. Storage of foliar-absorbed nitrogen and remobilization for spring growth in young nectarine (*Prunus persica* var. *nectarine*) trees. *Tree Physiology*, **18**: 203-207.
- Tomaz, I.L. e Rego, M.C.N.F. 1989. *Phomopsis mali* Rob. causador duma importante doença da amendoeira e do pessegueiro. Publicação Laboratório de Patologia Vegetal Veríssimo de Almeida, **54**; *Vida Rural* (separata), **1471**: 18-23.
- Thompson, I.A., Huber, D.M. e Schulze, D.G. 2006. Evidence of a multicopper oxidase in Mn oxidation by *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*. *Phytopathology*, **96**: 130-136.
- Tratch, R., May de Mio, L.L., Serrat, B.M. e Motta, A.C.V. 2007. Nitrogen and potassium affecting peach rust intensity. VIII International Symposium of Temperate Zone Fruits in the Tropics and Subtropics (abstract): 82.
- Tuset, J.J. e Portilla, M.T. 1989. Taxonomic status of *Fusicoccum amygdali* and *Phomopsis amygdalina*. *Canadian Journal of Botany*, **67**: 1275-1280.
- Uddin, W. e Reynolds, K.L. 1997. Availability and dispersal of inoculum for *Phomopsis* shoot blight epidemics of peach. (abstract). *Phytopathology*, **87** (suppl): S99.
- Uddin, W. e Stevenson, K.L. 1998. Seasonal development of *Phomopsis* shoot blight on peach and effects of selective pruning and shoot debris management on disease incidence. *Plant Disease*, **82**: 565-568.
- Uddin, W., Stevenson, K.L. e Pardo-Scultheiss, R.A. 1997. Pathogenicity of a species of *Phomopsis* causing a shoot blight on peach in Georgia and evaluation of possible infection courts. *Plant Disease*, **81**: 983-989.
- Valero, C., Crisosto, C.H. e Slaughter, D. 2006. Relationship between nondestructive firmness measurements and commercially important ripening fruit stages for peaches, nectarines and plums (abstract). www.sciencedirect.com-doi:10.1016/j.postharvbio.2006.12.014.
- Varenes, A. 2003. *Produtividade dos solos e ambiente*. Escolar Editora, Lisboa, 490 pp.
- Vavrina, C.S., Obreza, T.A. e Cornell, J. 1993. Response of Chinese cabbage to nitrogen rate and source in sequential plantings. *HortScience*, **28**: 1164-1165.
- Vidaud, J. 1982. *Le pêcher évolution des modes de production des pêches, nectarines et pavies*. Compte rendu des 7es Journées Fruitières d'Avignon-Montfavet. Ctifl, Paris.
- Vieira, M.M.A. 2006. Procura de interações entre susceptibilidade a *Phomopsis amygdali* e estado de nutrição de pessegueiros da cultivar Rich Lady. Relatório do Trabalho de Fim de Curso de Engenharia das Ciências Agrárias – ramo Agrícola. Escola Superior Agrária de Castelo Branco, Castelo Branco, 56 pp.
- Vigouroux, A., Bussi, C. e Giraud, T. 2000. Bacterial canker of stone fruit trees: predisposition of the trees to the disease is affected by soil conditions and pruning through alteration of the winter stem water content. *Acta Horticulturae*, **525**: 393-398.
- Waring, R.H., Thies, W.G. e Muscato, D. 1980. Stem growth per unit leaf area: a measure of tree vigor. *Forest Science*, **26**: 112-117 (citado por Mitchell e Preisler, 1991).
- Waterman, P.G. e Mole, S. 1989. Extrinsic factors influencing production of secondary metabolites in plants. In Bernays, E.A. (ed.). *Insect-Plant interactions*, vol. I, pp. 107-134. CRC Press, Florida.
- Westwood, M.N. 1982. *Fruticultura de zonas templadas*. Mundi-prensa, Madrid, 461 pp.

- Wilson, C.R., deLittle, J.A., Wong, J.A.L., Schupp, P.J. e Gibson, L.J. 2005. Adjustment of soil-surface pH and comparison with conventional fungicide treatments for control of lettuce drop (*Sclerotinia minor*). *Plant Pathology*, **54**: 393-400.
- Wrona, D., Pacholak, E., Svagzdys, S. e Sadowski, A. 2001. Effects of nitrogen fertilisation on apple trees grown in different locations. *Acta Horticulturae*, **564**: 443-448.
- Yoshida, S., Navasero, S.A. e Ramirez, E.A. 1969. Effects of silica and nitrogen supply on some leaf characters of the rice plant. *Plant Soil*, **31**: 48-56 (citado por Marschner, 1995).
- Zehr, E.I. 1995. Constriction canker. In Ogawa, J.M., Zehr, E.I., Bird, G.W., Ritchie, D.F., Uriu, K. e Uyemoto, J.K. (eds). *Compendium of stone fruit diseases*, pp. 31-32. American Phytopathological Society, St. Paul, Minnesota.
- Zeinah, A.E.H. e Menge, J.A. 1995. Seasonal fluctuations in the extent of colonization of avocado plants by stem canker pathogen *Phytophthora citricola*. *The Journal of the American Society for Horticultural Science*, **120**: 157-162.

Anexo 1. Metadados.

CARTA BASE	Carta I.15 - CARTA HIPSOMÉTRICA	CARTA III.1 - CARTA DOS SOLOS	Carta III.2 - ACIDEZ E ALCALINIDADE DOS SOLOS	Carta Administrativa Oficial de Portugal (CAOP)
TEMA	Altimetria, Batimetria, Hipsometria	Solos - Unidades Pedológicas (segundo o esquema da FAO para a Carta dos Solos da Europa) representadas por manchas de unidades pedológicas dominantes (associação de solos em mancha com uma unidade pedológica dominante)	Acidez e Alcalinidade dos solos - Classes de pH (em água)	Limites administrativos oficiais (País, Distrito, Concelho e Freguesia)
ÁREA GEOGRÁFICA	Continente			
PROJEÇÃO	Gauss		Gauss-Krüger	
ELIPSÓIDE de REFERÊNCIA	Internacional			
UNIDADES	metros			
DATUM	Lisboa (long. 09° 07' 54,862" / lat. 38° 42' 43,631")		Lisboa (long. 8° 07' 54,862" / lat. 39° 40' 00")	
COORD.	militares			
ORIGEM DAS COORD.	Ponto fictício (W Cabo S. Vicente)			
RESP. EXEC. ORIGINAL	Atlas do Ambiente		Base Geográfica de Ref. de Informação (BGR), Censos 2001	
ESCALA DO ORIGINAL	1:1.000.000		1:25.000	
AUTOR DA CARTA	Comissão Nacional do Ambiente	Reprodução da "Carta de Solos" do Serviço de Reconhecimento e Ordenamento Agrário, delimitada por J. Carvalho Cardoso, M. Teixeira Bessa e M. Branco Marado (Eng ^{os} Agrónomos)	F. Câmara Freitas (Eng ^o Agrónomo da Estação Agronómica Nacional)	IGP, IGeoE, INE e Autarquias
DATA DE EXECUÇÃO	1982	1971	1979	Maior de 2007
PUBLICAÇÃO DIGITAL	1998	1998	1998	31 de Junho de 2007
TRABALHOS FINAIS	Impressa no Instituto Hidrográfico, 1982	Adaptação à base cartográfica do Atlas: CNA; Fotografia e Impressão - Instituto Hidrográfico, 1978	Impressa no Instituto Hidrográfico, 1980	Maior de 2007
COORD. DA ED. DIGITAL	Instituto do Ambiente		IGP	
CAMPOS	Cota da Curva de Nível	Nome da unidade pedológica Nome do solo	Tipo de solos Classes de pH (em água)	Limite de freguesia Limite concelho Limite de distrito

Anexo 2. Esquemas dos ensaios.

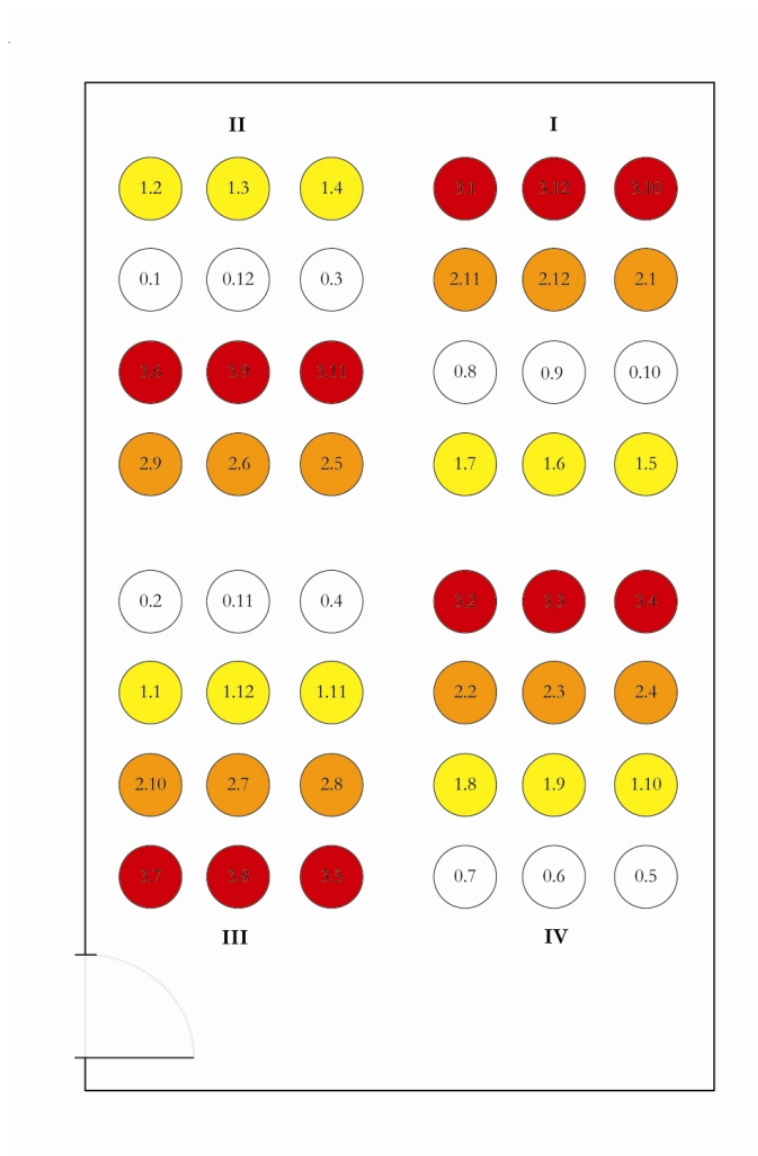


Figura A1. Esquema do ensaio em vasos, localizado no Centro de Estudos de Fertilidade e Fertilização da Escola Superior Agrária de Castelo Branco, em 2003 e 2004.

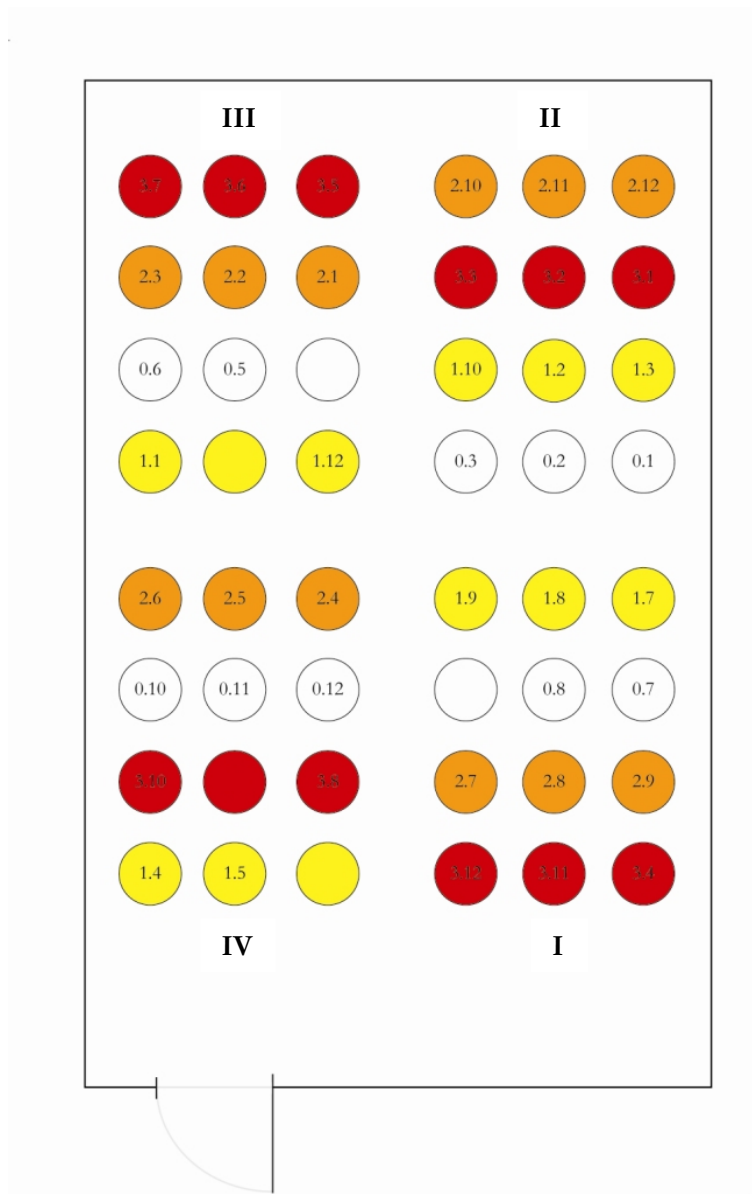


Figura A2. Esquema do ensaio em vasos, localizado na Quinta Nova – Covilhã, em 2005.

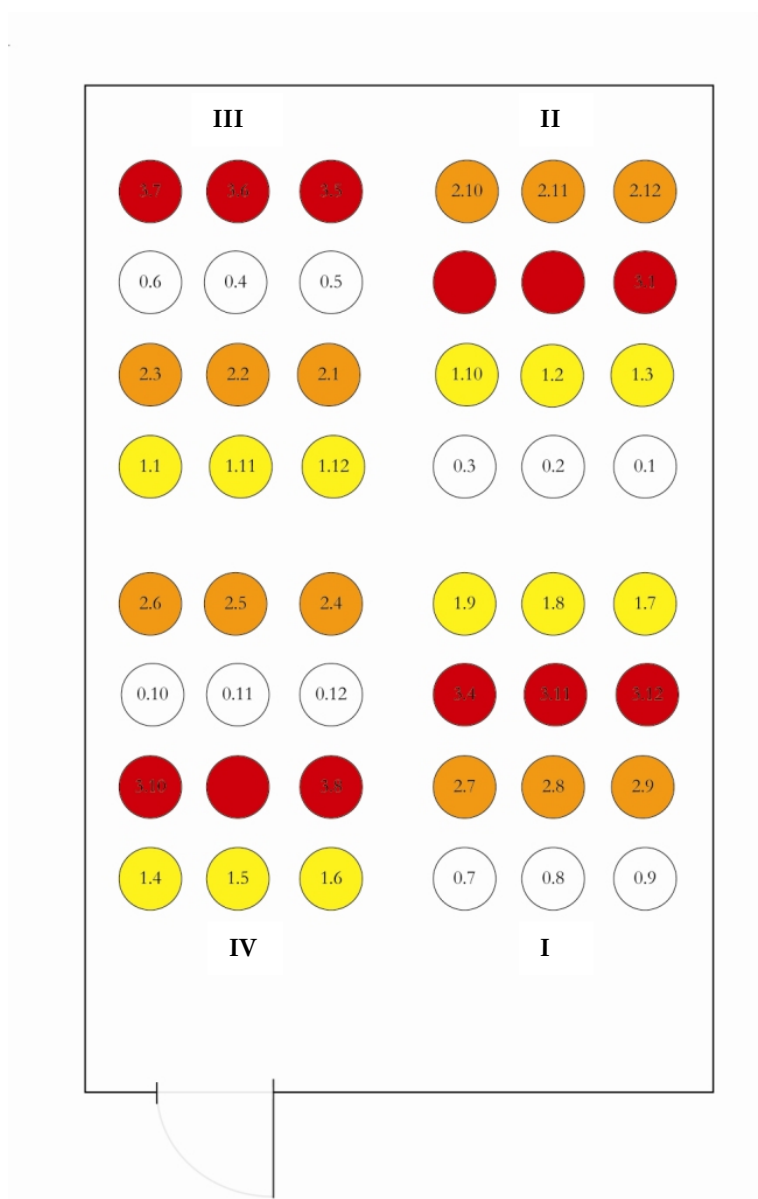


Figura A3. Esquema do ensaio em vasos, localizado na Quinta Nova – Covilhã, em 2006

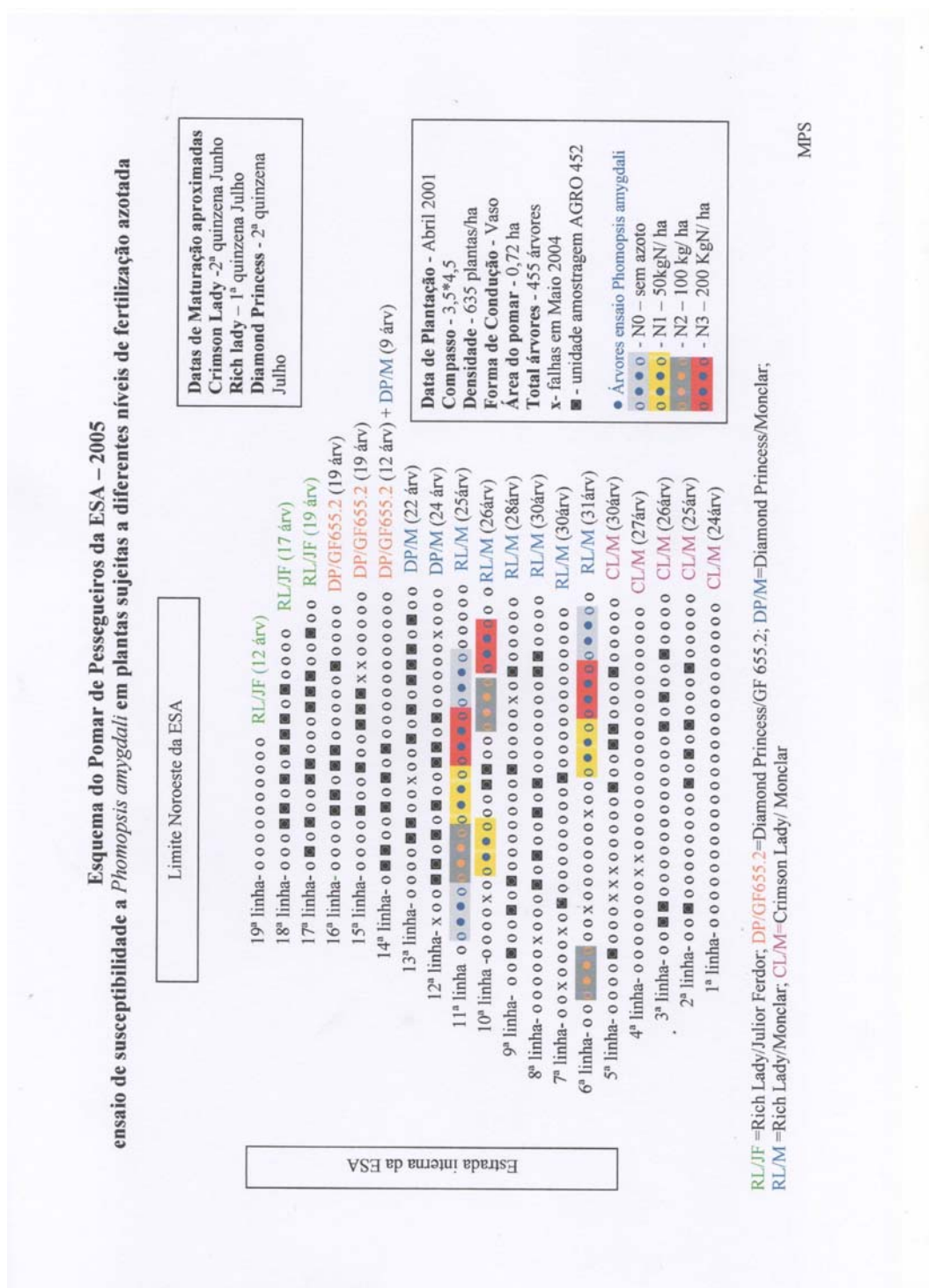


Figura A5. Esquema do ensaio de fertilização azotada (ESAn) no pomar de pessegueiros da Escola Superior Agrária de Castelo Branco.

Anexo 3. Cor dos frutos, no ensaio de campo, nos ciclos de 2005, 2006 e 2007.**Quadro anexo 1.** Efeito da fertilização azotada na cor dos frutos, no ESAn, no ciclo de 2005.

Modalidade	L*	a*	b*	C*	H°
N0	33,7	22,9	13,2	26,5	29,8
N1	33,4	22,8	12,4	25,9	28,5
N2	34,4	24,4	14,8	28,6	31,2
N3	33,6	22,6	13,2	26,2	30,4
Média	33,8	23,2	13,4	26,8	30,0
F _[3,20]	0,79	1,25	2,25	1,70	1,71
p	0,516	0,319	0,114	0,199	0,198

Quadro anexo 2. Efeito da fertilização azotada na cor dos frutos, no ESAn, no ciclo de 2006.

Modalidade	L*	a*	b*	C*	H°
N0	40,37 a	25,87	18,26	31,71	35,28
N1	37,73 b	26,90	18,43	32,64	34,37
N2	37,68 b	26,09	18,03	31,73	34,61
N3	38,87 ab	25,44	19,12	31,84	36,91
Média	38,66	26,07	18,44	31,98	35,29
F _[3,20]	6,60	1,75	0,58	0,71	1,28
p	0,003	0,189	0,635	0,560	0,308

Quadro anexo 3. Efeito da fertilização azotada na cor dos frutos, no ESAn, no ciclo de 2007.

Modalidade	L*	a*	b*	C*	H°
N0	36,42	26,65	18,12	32,27	34,23
N1	36,35	27,50	18,58	33,20	34,08
N2	37,58	27,43	19,75	33,85	35,71
N3	37,03	27,23	18,80	33,12	34,52
Média	36,85	27,2	18,81	33,11	34,63
F _[3,20]	0,70	0,70	0,82	1,13	0,44
p	0,565	0,561	0,496	0,360	0,726

Nota: cada valor apresentado nos Quadros resulta de uma média de 240 leituras.