

**Fruticultura de Precisão:
Avaliação da variabilidade espacial da produtividade e
da qualidade em pereira
cv. Rocha**

Cristina Maria da Silva Soares

**Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Hortofruticultura**

Orientador: Professor Ricardo Nuno Fonseca Garcia Pereira Braga
Co-orientador: Professora Maria Dulce Carlos Antunes

Faro, 2014

**Fruticultura de Precisão:
Avaliação da variabilidade espacial da produtividade e
da qualidade em pereira
cv. Rocha**

Declaração de autoria de trabalho:

Declaro ser a autora deste trabalho, que é original e inédito.
Autores e trabalhos consultados estão devidamente citados no texto e constam da
listagem de referências incluída.

«Copyright» Cristina Maria da Silva Soares

A Universidade do Algarve tem o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicitar este trabalho através de exemplares impressos reproduzido em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, de o divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

**Para o meu filho,
Gustavo**

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, quero agradecer aos meus Pais, pois foram eles que sempre me incentivaram a estudar, sempre apoiaram a minha formação e a eles devo o arranque para a execução desta tese.

Ao Professor Ricardo Braga, agradeço por ter aceite ser meu orientador. Evidentemente que o Professor foi de uma importância muito grande na minha formação académica, pois apresentou-me à Agricultura de Precisão com grande paciência e disponibilidade.

À Professora Dulce Antunes por ter aceite ser minha co-orientadora, que apesar de fisicamente longe esteve sempre disponível para a melhoria desta tese.

À Professora Cristina Oliveira, também pela sua disponibilidade e paciência, pela cedência do seu tempo, dos equipamentos e laboratório do Instituto Superior de Agronomia para as análises de qualidade dos frutos, pela ajuda importantíssima que me facultou.

Ao Engenheiro João Azevedo, pela sua atenção, por me ter ajudado a encontrar uma parcela de estudo através da APAS (Associação dos Produtores Agrícolas da Sobrena) e da Professora Cristina Oliveira, por ter respondido sempre às minhas solicitações e dúvidas. Também, claro a cedência do equipamento para medição do potencial hídrico de base, ao Engenheiro João Azevedo o devo.

Ao Engenheiro Alexandre Pacheco, agradeço a ajuda preciosa que me deu ao me ensinar a utilizar o equipamento para medição do potencial hídrico de base. Também os seus conselhos para a execução desta tese, apesar de subtis, muito importantes.

Ao meu amigo Samuel Torres por se ter disponibilizado a ajudar-me a fazer o trabalho duro na colheita.

À Joana, técnica do laboratório da Professora Cristina Oliveira, pela ajuda que me deu nas análises dos frutos.

Muito obrigada a todos!

RESUMO

Pretende-se com esta tese avaliar a magnitude e padrão da variabilidade espacial intra-parcelar da produtividade e qualidade da pereira (*Pyrus communis* L.) var. Rocha e estudar a capacidade que os índices de vegetação obtidos por detecção remota têm em explicar essa mesma variabilidade. Para tal, procedeu-se a medições de 34 parâmetros produtivos e qualitativos numa parcela de pereira var. Rocha na freguesia de Runa, concelho de Torres Vedras de 12 árvores seleccionadas através de amostragem estratificada. Esta amostragem teve como base dois índices de vegetação, a saber NDVI (Normal Difference Vegetation Index) e o PPR (Plant Pigment Ratio). Efectuou-se a análise estatística dos dados: análise estatística descritiva, análise de correlação (coeficiente de Pearson) e análise da regressão linear. Verificou-se que, de entre os 34 parâmetros medidos, 22 apresentam variabilidade espacial relevante. De entre estes, os que mais se destacam são os parâmetros relacionados com calibres mais elevados dos frutos. O vigor vegetativo das árvores apresenta, também variabilidade espacial através do volume da copa ($cv=35,91\%$), sendo a altura da base da copa ($cv=23,98\%$) e a largura da copa ($cv=12,15\%$), as variáveis dependentes relativas ao vigor vegetativo que mais contribuem para este resultado. Apesar de o pomar em estudo ser regado para ter conforto hídrico, o potencial hídrico de base, apresenta uma variabilidade espacial de 15% a 22%.

A produtividade apresenta um coeficiente de variação de 26,21% o que significa uma variação na produtividade de cerca de 50000 Kg. Esta variável dependente apresenta uma correlação alta ($r = 0,710$ e $r^2 = 0,501$) com outro índice de vegetação, também calculado nesta tese, o PVR (Photosynthetic Vigour Ratio). Quanto aos parâmetros de qualidade, verifica-se que não se encontra variabilidade na parcela.

Conclui-se que os índices de vegetação em estudo, têm capacidade para descrever a variabilidade existente na parcela. Os índices da banda do visível são os que melhor se correlacionam com os parâmetros produtivos e qualitativos.

Palavras-chave: Agricultura de Precisão, Fruticultura de Precisão, Pêra Rocha, Variabilidade Espacial, Detecção Remota, Índices de Vegetação.

ABSTRACT

Precision Fruticulture: Productivity and Quality Spatial Variability Assessment in Pear (*Pyrus communis* L.) cv. Rocha

The aim of this thesis is to evaluate the magnitude and pattern of intra-parcel productivity and quality spatial variability of pear (*Pyrus communis* L.) var. Rocha and study vegetation indices ability obtained by remote sensing to explain that same variability. It was preceded to measurements of 34 productive and qualitative parameters of pear var. Rocha in Runa, municipality of Torres Vedras of 12 trees selected by stratified sampling. This sampling was based on two vegetation indices, namely NDVI (Normal Difference Vegetation Index) and PPR (Plant Pigment Ratio). Was performed statistical analysis of the data: descriptive statistics, correlation analysis (Pearson coefficient) and linear regression analysis. It was found that, among the 34 measured parameters, 22 demonstrated relevant variability. Of these, the ones that stand out, are the highest fruit dimension. The vegetative vigor of the trees, also features spatial variability through the canopy volume (cv=35.91 %), the height of the base of the trunk (cv=23.98%) and trunk width (cv=12.15%) are the variables that more contribute to this result. Although the orchard presents water comfort, base water potential, presents a spatial variation from 15% to 22%. Productivity has a coefficient of variation of 26.21% which means a variation in the production of about 50,000 Kg. This dependent variable has a high correlation ($r = 0.710$ and $r^2 = 0.501$) with another vegetation index, also calculated in this thesis, the PVR (Photosynthetic Vigour Ratio). As for the quality parameters, it was not found variability in the orchard.

The vegetation indices under study, are able to describe the variability in the orchard. The indices of the visible band are those that best correlate with the productive and qualitative parameters.

Keywords: Precision Agriculture, Precision Fruticulture, Pear Rocha, Spatial Variability, Remote Sensing, Vegetation Indexes.

ÍNDICE

1. Introdução	1
2. Revisão bibliográfica.....	3
2.1 A Cultura de pereira Rocha.....	3
2.1.1 História e estatísticas	3
2.1.2 Botânica e ecofisiologia.....	5
2.1.3 Alguns aspectos da tecnologia de produção	6
2.2 Agricultura de precisão	12
2.2.1 Conceito.....	12
2.2.2 Tecnologias utilizadas em agricultura de precisão	15
2.2.3 Aplicações	20
3. Materiais e Métodos	21
3.1 Caracterização do campo experimental	21
3.2 Caracterização Edafoclimática.....	23
3.3 Análise Estatística.....	24
3.4 Delineamento experimental	25
3.4.1 Obtenção das imagens aéreas	25
3.4.2 Índices de vegetação.....	25
3.4.3 Amostragem	28
3.4.4 Medição dos parâmetros agronômicos	29
4. Resultados e Discussão	33
4.1 Variáveis de detecção remota	33
4.2 Variáveis de produção e qualidade.....	34
5. Conclusões.....	41
Bibliografia.....	42
Anexos.....	49

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Evolução temporal da área e produção de pêra ‘Rocha’	3
Figura 2: Evolução da produção, importação, exportação e consumo aparente.....	4
Figura 3: Pêra – Destinos das Saídas – EU e PT (Países Terceiros)	4
Figura 4: A) Câmara de Schölander modelo PMS600 B) Procedimento para a utilização da Câmara de Schölander.....	8
Figura 5: Distribuidor VRT de azoto em tempo real. A taxa de aplicação em (1) é função do teor de clorofila estimado em (2).....	15
Figura 6: Interações entre energia electromagnética e um elemento de superfície da Terra.....	16
Figura 7: Absorção da radiação por parte de vegetação saudável e não saudável	17
Figura 8: Ilustração das camadas de ilustração de um SIG	19
Figura 9: Imagem aérea da parcela em estudo delimitada pela linha vermelha	21
Figura 10: Delimitação dos sectores de rega	22
Figura 11: Classificação do solo da parcela	24
Figura 12: Localização das árvores amostradas	28
Figura 13: A) Mapa de RGB B) Mapa de NIR C) Mapa de NDVI D) Mapa de PPR E) Mapa de NDVI/PPR	33

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Quantidades de azoto (N), fósforo (P ₂ O ₅), potássio (K ₂ O) e magnésio (Mg) recomendado em pomares de pereiras em produção, com base nos resultados da análise foliar e na produção esperada	9
Tabela 2: Principais divisões do espectro electromagnético.	17
Tabela 3: Duração e frequência de rega. Produtos utilizados na fertirrega.....	22
Tabela 4: Índices de vegetação utilizados na presente tese.	27
Tabela 5: Correspondência de cada árvore.....	29
Tabela 6: Estatística descritiva para os índices de vegetação.....	34
Tabela 7: Estatística descritiva para os parâmetros de produtividade e qualidade.....	36
Tabela 8: Índices de Vegetação com maior correlação com os parâmetros produtivos e de qualidade.	37

LISTA DE ABREVIATURAS UTILIZADAS

- AP** - Agricultura de Precisão
- APAS** - Associação dos Produtores Agrícolas da Sobrena
- AST** – Área Seccional do Tronco
- BPER** - Blue Percentage
- Cal** - Calibre
- CV** -Coeficiente de Variação
- Dmédio** - Diâmetro Médio do Tronco
- DI** - Diâmetro Longitudinal
- DR** - Detecção Remota
- Dt** - Diâmetro Transversal
- DVI** - Difference Vegetation Index
- GPER** - Green Percentage
- GPS** - Global Positioning Systems
- Hbase** - Altura da Base da Copa
- Hm** - Altura Média da Copa
- Hmax** - Altura máxima da copa
- I** - Intensity
- IPVI** - Infrared Percentage Vegetation Index
- L** - Luminosidade
- Lpl** - Largura Paralela da Copa
- Lmedia** - Largura Média da Copa
- Lpp** - Largura Perpendicular da Copa
- NAVSTAR** - Navigation by Satellite Timing and Ranging
- NDGBI** - Normalized Difference Green Blue Index
- NDGRI** - Normalized Difference Green Red Index
- NDRBI** - Normalized Difference Red Blue Index
- NDVI** - Normalized Difference Vegetative Index
- NFrutos** - Número de Frutos
- NIR** - Near Infra Red
- PCD** - Plant Cell Density
- PPR** - Plant Pigment Ratio
- PVR** - Photosynthetic Vigour Ratio

R - Rácio entre a altura da copa e as médias da Lpp e Lpl

RB - Red Blue Simple Ratio

RGB - Red Green Blue

RPER - Red Percentage

S - Saturação

SAVI - Soil Adjusted Vegetation Index

SGB - Subtraction Green Blue

SIG - Sistemas de Informações Geográfica

Tonal - Tonalidade

TSS - Teor de Sólidos Solúveis

VD - Variável Dependente

VI - Variável Independente

VRT - Variable Rate Technology

VMC - Volume Médio da Copa

1. Introdução

Desde o seu aparecimento que a pereira ‘Rocha’ se destacou das inúmeras cultivares de pereiras cultivadas em Portugal, quer pelas suas características organolépticas, quer pela sua resistência ao manuseamento e capacidade de conservação. Além disto, é o produto agrícola com maior quota de certificação (GPP, 2012). Tem tido produções crescentes desde o ano de 2000, altura em que se verificou um aumento das exportações, principalmente para países da União Europeia mas também para Países Terceiros (GPP, 2012). Estes dados configuram um interesse particular na implementação de novas tecnologias na gestão desta cultura que permitam aumentar a sua produtividade onde a optimização dos factores de produção e a sustentabilidade ambiental estejam presentes. É aqui que entra o conceito de Agricultura de Precisão (AP). O conceito de Agricultura de Precisão surgiu no início dos anos 90 na primeira conferência internacional sobre o tema que se realizou em 1992 nos Estados Unidos da América (Esser, *et al.*, 2002). Poder-se-á definir a agricultura de precisão como um sistema de cultura que visa a gestão da variabilidade espacial e temporal das parcelas com o objectivo de melhorar o rendimento económico da actividade agrícola, quer pelo aumento da produtividade e/ou qualidade, quer pela redução dos custos de produção, reduzindo, também o seu impacto ambiental e risco associados (Braga *et al.*, 2011). A agricultura de precisão constitui uma ferramenta importante no auxílio da gestão da parcela designadamente ao nível da aplicação de fertilizantes, fitofármacos e água e consequente redução dos impactos ambientais da actividade agrícola. Por exemplo, aplicada à viticultura (viticultura de precisão), a agricultura de precisão oferece a possibilidade de segmentação da vindima consoante os lotes desejados pelo enólogo conseguindo, desta forma aumentar o potencial qualitativo dos vinhos e consequentemente a margem bruta do viticultor (Sereno, 2009).

Condição *sine quo* para se abordar o conceito de Agricultura de Precisão é a existência de variabilidade espacial numa parcela, a qual permite que se possam delimitar áreas de gestão homogénea na parcela (Hatfield *et al.*, 2008). Os índices de vegetação obtidos por deteção remota permitem a delimitação destas zonas ao relacionar as diferenças de refletância com as alterações de características da canópia (Hatfield *et al.*, 2008).

Este trabalho tem como objectivo fundamental averiguar a existência de variabilidade espacial de alguns parâmetros agronómicos da pereira var. Rocha numa

parcela de 5 ha localizada na freguesia de Runa, concelho de Torres Vedras e entender a capacidade que os índices de vegetação obtidos por deteção remota têm em explicar essa mesma variabilidade.

2. Revisão bibliográfica

2.1 A Cultura de pereira Rocha

2.1.1 História e estatísticas

A pereira ‘Rocha’ (*Pyrus Communis* L., var. Rocha), cultivar genuinamente portuguesa, foi obtida casualmente a partir de semente da espécie *Pyrus communis* L., em 1836 no Concelho de Sintra e propagou-se a outras regiões do país, designadamente a região Oeste (ANP, 2012). Desde o seu aparecimento que a pereira ‘Rocha’ se destacou das inúmeras cultivares de pereiras cultivadas em Portugal pelas suas qualidades organolépticas, resistência ao manuseamento e capacidade de conservação. Em território nacional são produzidas cerca de 230000 toneladas de pêra ‘Rocha’, das quais, cerca de 31%, corresponde a produção certificada, sendo o produto agrícola com maior quota de certificação (GPP, 2012). A comprovação da origem geográfica da Pêra ‘Rocha’ é garantida pelas características únicas do produto e cujos pomares de origem tenham sido autorizados pela ANP (Associação Nacional de Produtores de Pêra Rocha). Esta autorização só é concedida aos produtores que cumulativamente possuam os seus pomares no interior da área geográfica estabelecida (Reg. CEE nº 2081/92, transposto para a legislação nacional pelo Despacho Normativo nº 47/97 de 30 de Junho) e cumpram o estabelecido no Caderno de Especificações, designadamente no que se refere à forma de implantação (porta-enxertos, compassos, rega, etc...) e condução dos pomares, à colheita, transporte, calibragem e acondicionamento do produto. Outra obrigatoriedade é a submissão ao controlo e certificação dos pomares (GPP, 2012).

Em Portugal, a pêra Rocha tem áreas relativamente estáveis e produções crescentes desde 2000, como se pode observar na figura 1.

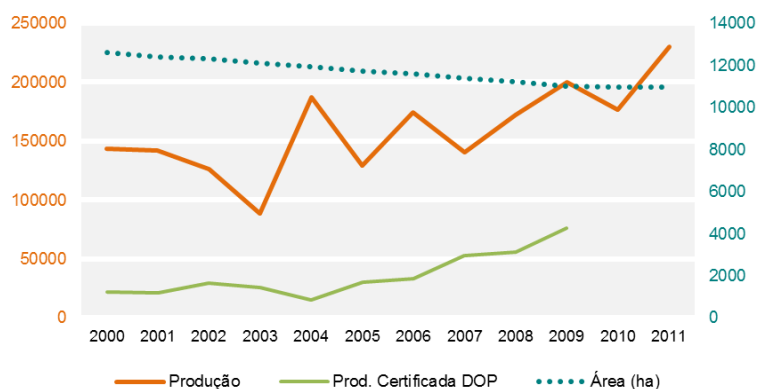


Figura 1: Evolução temporal da área e produção de pêra ‘Rocha’.
Fonte: GPP, 2012.

No entanto, este aumento da produção nacional não se traduziu num aumento do abastecimento do mercado interno mas sim num aumento da exportação como mostra a figura 2.

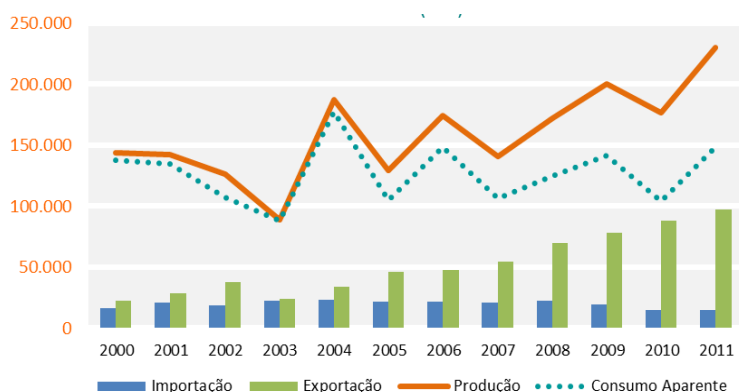


Figura 2: Evolução da produção, importação, exportação e consumo aparente.
Fonte: GPP, 2012.

A pêra ‘Rocha’ é um bem transacionável no mercado internacional desde o início do século XIX, sendo que nas últimas três décadas a exportação desta variedade alcançou uma expressão significativa tomando maiores contornos após a campanha de 1991/1992 (ANP, 2012). As exportações aumentaram significativamente de 2000 a 2010 (de 14M€ para 66M€) correspondendo a um acréscimo de 7% em 2000 para 11% em 2010 representando um saldo comercial positivo (53M€ em 2010) (GPP, 2012).

O principal destino das exportações da pêra, é a União Europeia. No entanto, tem-se registado, nos três últimos anos, um aumento significativo para os Países Terceiros, como se pode observar na figura 3.

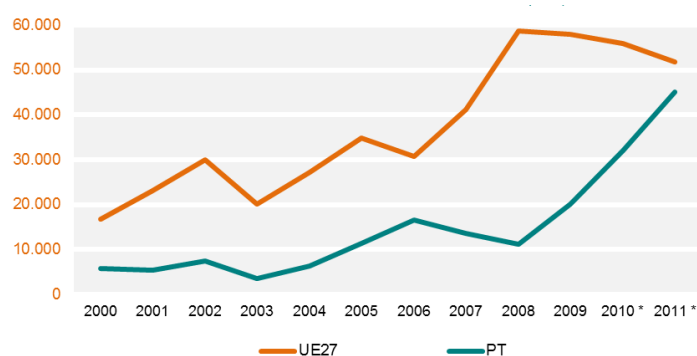


Figura 3: Pêra – Destinos das Saídas – EU e PT (Países Terceiros).
Fonte: GPP, 2012.

Nos países de destino das exportações (em valor), a sua presença é fortemente sentida nos mercados como o Brasil, com 31%, ou o Reino Unido e França, com 21% e 22% respectivamente. Com um menor fluxo encontra-se a Irlanda e Federação da

Rússia, com 6% cada, ou os Países Baixos com 3%, e Espanha com 2% do total da quota das exportações da Pêra Rocha (GPP, 2012).

Verifica-se que esta variedade se impõe no mercado externo, sendo um produto que permite manter, com vantagem, o saldo positivo de Portugal na balança comercial e poderá manifestar-se como uma cultura competitiva nos mercados da comunidade (Henriques, 2009).

2.1.2 Botânica e ecofisiologia

A nível taxonómico, a pereira ‘Rocha’ pertence à família *Rosaceae*, género *Pyrus*, espécie *P. communis* e variedade Rocha.

As árvores desta variedade caracterizam-se por serem medianamente exigentes em frio, necessitando de 550 horas de frio Invernal abaixo de 7° C, entre Outubro a Fevereiro. A floração ocorre entre meados de Março a meados de Abril. Apresentam vigor médio e porte erecto. A condução das árvores é feita em eixo, em palmeta ou em vaso. Relativamente à sanidade, é muito sensível ao pedrado (*Venturia pyrina*) e à stemphyliose (*Stemphylium vesicarium*) (ANP, 2012).

Os ramos do ano são bastante flexíveis e de cor amarelada e a frutificação ocorre principalmente sobre esporões e verdascas coroadas. Apresenta uma afinidade de enxertia irregular sobre o marmeleiro. A entrada em produção é rápida, a produtividade é boa e a alternância de produção é média. As folhas são ovais, verdes claras com a margem dentada crenada, a página inferior tomentosa e a superior glabra. As flores são medianas e apresentam-se em corimbo aberto com cerca de 7 flores por corimbo e 5 pétalas brancas de forma arredondada. É uma cultivar interfértil e parcialmente autofértil significando, isto que para obtenção de produções competitivas necessita de polinizadoras (Sousa, 2012).

O fruto apresenta uma forma variável, redonda ovada, redonda piriforme e oblonga piriforme ovada, sendo esta última a predominante. A cor da epiderme pode variar entre o amarelo e o verde-claro, com carepa típica ao redor do pedúnculo, menos acentuada na zona apical e com leves pontuações dispersas na superfície do fruto (PTQC, 2008). A carepa é uma característica típica desta variedade, estando sempre presente independentemente do formato do fruto, variando a sua percentagem e concentração conforme as condições climatéricas do ano. A polpa do fruto caracteriza-se pela cor branca e macia-crocante, quando se trata de uma maturação comercial, ou

granulosa, doce e muito sumarenta, de perfume ligeiramente acentuado, no estado da maturação fisiológica (Soares *et al.*, 2001; PTQC, 2008).

A colheita efectua-se na segunda quinzena de Agosto (135 a 140 dias após a plena floração), tendo um fraco escalonamento da maturação e uma queda de frutos antes da colheita muito baixa (Sousa, 2012). A pêra Rocha é um fruto climatérico, pelo que produz grandes quantidades de etileno durante a maturação. A colheita comercial é feita com maturação préclimatérica e armazenada por vários meses a baixas temperaturas (Fonseca *et al.*, 2005). Admitindo algumas fragilidades da epiderme do fruto, se forem cumpridas algumas técnicas elementares, durante a colheita, no período de conservação e após a saída do frio, pode-se dizer que a pêra ‘Rocha’ tem bom poder de conservação quando comparado com outras variedades da mesma espécie e uma óptima aptidão para o transporte a longa distância (Avelar, 2001; Soares *et al.*, 2001), daí o interesse em se desenvolver o intercâmbio com os países do hemisfério sul.

É possível a sua conservação em câmaras frigoríficas de atmosfera normal, entre 4-5 meses ou por mais tempo em câmaras frigoríficas de atmosfera controlada o que se traduz na possibilidade de ter uma época de comercialização bastante prolongada (ANP, 2012).

2.1.3 Alguns aspectos da tecnologia de produção

A competitividade de um pomar depende das condições edafoclimáticas do local onde está implantado, da qualidade do material vegetal e das operações culturais que nele se praticam. Desta forma, a eleição da parcela, assim como a presença de doenças radiculares no solo ou nas plantas de viveiro, bem como os porta-enxertos, são factores que podem determinar o sucesso ou insucesso de um pomar competitivo. Para produzir frutos de qualidade, a presença de sementes nos frutos e a luminosidade no interior da copa das árvores são fundamentais. O fruticultor deverá evitar as doenças e as pragas e proteger a fauna auxiliar, através da realização de podas em verde e de uma actuação preventiva. A fertilização deve ter em consideração as necessidades nutricionais das plantas, evitando carências e excessos. Devem ainda ser seguidas medidas de conservação do solo e racionalização do uso da água (Sousa, 2012).

Polinização

A polinização, indispensável nesta cultivar, é favorecida por temperaturas amenas e pela ausência de nevoeiro, chuva e vento durante a floração. A obtenção de frutos de forma simétrica e de qualidade depende do número de sementes que cada fruto contém. Recomenda-se a utilização de duas cultivares polinizadoras alternadas ao longo da linha. Na selecção destas cultivares deve-se ter em atenção que uma delas deve estar em plena floração quando a cultivar ‘Rocha’ estiver a iniciar a floração e a outra cultivar polinizadora deve estar em plena floração quando a cultivar ‘Rocha’ estiver a terminar a plena floração (Sousa, 2012).

A cultivar ‘Rocha’ tem alguma capacidade para produzir frutos partenocárpicos ficando estes mais alongados. Moriya *et al.* (2005) referem que os frutos com sementes têm qualidade superior em termos de tamanho, forma, firmeza e teor em sólidos solúveis quando comparados com os frutos resultantes de partenocarpia. Os frutos com mais sementes têm melhores características organolépticas e sofrem menores perdas de água no decurso da conservação pelo frio (Madeira *et al.*, 1988).

Rega

Na região Oeste a água é um factor limitante nos pomares de pereira, pois para além de se tratar de um bem escasso verifica-se que a água tem muitas vezes má qualidade (Parente, 2004). Nestas condições torna-se mais difícil obter produções elevadas e de qualidade, sendo por isso de suma importância que a gestão de rega seja bem planeada e gerida ao longo do ciclo cultural. Segundo Azevedo (2006), é importante desenvolver novos métodos de gestão em tempo real e de fácil aplicação, tornando possível fazer uma gestão *in loco* da água em cada pomar. A gestão do uso da água baseada na avaliação de respostas fisiológicas da planta, pode ir de encontro a uma melhor gestão hídrica do pomar, quer seja ao nível da produção ou da qualidade (teor de açúcar e calibre), quer ao nível da optimização da eficiência do uso da água (Azevedo, 2007).

As necessidades de água do pomar devem ser calculadas através do balanço hídrico tendo em consideração a profundidade atingida pelas raízes, o tipo de solo, as características da cobertura herbácea do terreno, o compasso e as condições climáticas do local (MAMAOT/DGADR, 2012). A determinação das necessidades hídricas

realiza-se em função dos valores de evapotranspiração cultural (ET_c), a qual é calculada pela seguinte equação:

$$ET_c = K_c * ET_o$$

onde **K_c** é um coeficiente adimensional que varia ao longo do ciclo cultural e o ET_o é a evapotranspiração de referência.

O estado de hidratação de uma árvore pode ser avaliado pela medição do seu potencial hídrico foliar (Ψ_f) (Améglio e tal., 1999; Tromp, 2005). O potencial hídrico foliar medido de madrugada, antes de nascer do sol, ou potencial de base (Ψ_b) é considerado um indicador do estado hídrico do solo na zona radicular dado corresponder ao estado de hidratação da planta ao fim da noite (Katerji, 1997 cit in Paço, 2003). A medição neste momento do dia pressupõe que se estabeleceu um equilíbrio entre a água do solo e a água da planta, estando a planta no seu estado máximo de hidratação possível para as condições hídricas do solo consideradas (Conceição, 2007). A avaliação do potencial hídrico em culturas permanentes é feita, na maioria dos casos por medição nas folhas através de uma câmara de pressão (Câmara de Schölander), obtendo-se, assim o potencial hídrico foliar (ψ_F). A Câmara de Schölander (figura 4) tem por componentes principais a câmara-de-ar onde é colocada a amostra vegetal, uma bilha de gás, geralmente azoto e um manómetro para realizar a leitura.



Figura 4: A) Câmara de Schölander modelo PMS600 B) Procedimento para a utilização da Câmara de Schölander.

Fertilização

Na tabela 1, apresentam-se as quantidades de referência, para as condições portuguesas, dos diferentes nutrientes a aplicar em função da produção esperada de pêra

‘Rocha’, tendo como base a produção de quarenta toneladas por hectare e o pH entre 6,0 e 7,0.

Tabela 1: Quantidades de azoto (N), fósforo (P₂O₅), potássio (K₂O) e magnésio (Mg) recomendado em pomares de pereiras em produção, com base nos resultados da análise foliar e na produção esperada

Produção esperada (t/ha)	Azoto			Fósforo (Kg/ha)	Potássio (Kg/ha)	Magnésio (Kg/ha)
	Insuficiente*	Suficiente*	Elevado*	Suficiente*	Suficiente*	Suficiente*
<20	21-30	0-20	0-10	10	30	5
20	31-40	20-30	0-15	10	40	5
40	51-60	30-50	0-25	20	75	10
60	71-80	50-70	0-35	30	110	20
>60	81-90	70-80	0-40	60	130	30

Fonte: LQARS (2006).

* Níveis de nutrientes considerados adequados em folhas do terço médio dos lançamentos do ano na época usual de colheita.

Em geral, um terço do azoto necessário é aplicado um mês antes do abrolhamento previsto e os restantes dois terços até os frutos terem um diâmetro de 15 mm. A aplicação pode ser feita ao solo ou através da fertirrega. O fósforo e o potássio em geral são aplicados no final do Inverno. Dependendo do solo e das condições meteorológicas, o Boro deve merecer uma especial atenção. Em Portugal, os solos em geral são pobres em matéria orgânica, pelo que é aconselhável a aplicação anual de matéria orgânica para manter um teor próximo de 1,5% (Sousa, 2012).

Monda de frutos

Um dos principais órgãos de frutificação, na cultivar Rocha, é o esporão, pelo que a monda de frutos é aconselhável para reduzir a alternância. A monda química de frutos deve ser efectuada quando os frutos têm 7 a 9 mm de diâmetro. Na pereira ‘Rocha’, a queda fisiológica por vezes é muito elevada devido à sensibilidade da espécie às baixas temperaturas na fase de vingamento dos frutos. Assim, a monda química é, por vezes, feita tardiamente ou não é eficaz, devido ao reduzido número de sementes que os frutos têm devido a deficiente polinização, pelo que se opta, na maioria das situações pela monda manual após a queda fisiológica (Sousa, 2012).

Poda

Convém ter sempre presente que o melhor regulador de crescimento que o fruticultor pode ter é a fruta. A poda em verde nos primeiros anos, é fundamental para regularizar a produção e melhorar a qualidade dos frutos. Os ramos na horizontal são mais produtivos que os ramos na vertical, pelo que se deve favorecer a horizontalidade dos ramos (Sousa, 2012).

A incerteza quanto ao modo como irão decorrer as condições climáticas na época da floração, aconselham a que a poda de Inverno seja moderada e se façam intervenções depois do vingamento dos frutos. Pode-se, assim, eliminar ramos improdutivos e reduzir o vigor das árvores. No entanto, nos primeiros anos do pomar, é necessária alguma intervenção no Inverno para estimular a formação de ramos de uma forma radial ao longo do eixo e obter árvores com uma boa estrutura produtiva. Os cortes efectuados na poda durante o repouso vegetativo estimulam a formação de madeira e os cortes efectuados durante o ciclo vegetativo favorecem a produção (Sousa, 2012).

Pragas e Doenças

A maioria dos pomares de pereira, em Portugal, encontra-se em modo de Produção Integrada. As pragas mais importantes da cultura da pêra ‘Rocha’, são a psila (*Cacopsylla pyri*, L.), o bichado (*Cydia pomonella* L.), a filoxera (*Aphanostigma pyri* Chol.), a cochonilha de S. José (*Quadraspidiotus perniciosus* St) e a mosca da fruta (*Ceratitis capitata* Wied). As principais doenças são o pedrado (*Venturia pyrina* Aderhold), a estenfiliose (*Stemphylium vesicarium* (Wallr.) E.Simmons) e a roselinia (*Rosellinia necatrix* Prill) (Sousa, 2012).

Colheita

A colheita é a primeira fase de selecção no processo da qualidade. Tradicionalmente, na região Oeste, a colheita das peras é feita a partir da segunda semana de Agosto. A campanha de comercialização da pêra Rocha pode ser dividida em 3 fases:

- Início da campanha. Oferta irregular tanto em quantidade como em qualidade.

- Plena campanha. Entre Outubro e Dezembro e ocorre a maior parte da exportação.
- Final de campanha. Oferta a decrescer continuamente. Os frutos adquirem textura demasiadamente dura, são pouco sumarentos e por vezes a polpa é granulosa.

A pêra deve ser colhida com pedúnculo e sem folhas e só quando o estado de maturação for o adequado. Sendo frutos climatéricos, têm uma maturação regulada pela produção interna de etileno e pelo aumento da taxa respiratória. Durante o amadurecimento são verificadas nos frutos alterações na firmeza da polpa, na cor, na acidez, no teor em açúcares e produção de aromas (Alpalhão *et al*, 2006). Assim, a decisão da data desta operação cultural é um aspecto fundamental no processo de conservação. Segundo o Caderno de Encargos da Pêra Rocha (ANP, 2012), pode recorrer-se aos seguintes parâmetros:

- Dureza da polpa entre 5,5 e 6,5kg/0,5 cm²
- Índice refractométrico entre 11 e 13 Brix%
- Acidez entre 2-3g/l de ácido málico
- Nº de dias após plena floração – 135 a 140 dias
- Cor das sementes

Entende-se por Firmeza a resistência à penetração com ruptura. É um atributo textural indicativo de consistência dos frutos e permite distinguir os distintos estados de maturação identificando o do momento óptimo de colheita (Santos, sem data).

A análise da cor é importante na determinação no comportamento da variedade nos tratamentos pós-colheita. A intensidade de cor pode ser realizada através de Colorímetro Minolta, que expressa a cor no sistema CIELAB (L, a*, b*) onde L define a luminosidade e varia de 0 a 100, em que 0 indica o preto e 100, o branco. A partir de a* e b* define-se o Cromo (intensidade ou saturação da cor) e o Hue (tonalidade). O croma é calculado como $(a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$, enquanto que o ângulo Hue é calculado por $\arctg(b^*/a^*)$ (McGuire, 1992).

A acidez titulável e o teor de sólidos solúveis, são duas análises químicas utilizadas para determinar a qualidade organoléptica dos frutos e vegetais. A doçura é função da relação entre a concentração de açúcares e o teor de acidez. A concentração de açúcares é estimada através da medição do teor de sólidos solúveis (⁰Brix) utilizando um

refractómetro enquanto a acidez é determinada através de titulação com um reagente base (NaOH) (Shewfelt *et al.*, 1993).

Não é aconselhável a colheita ser efectuada quando se verifique que a fruta está molhada (ANP, 2012). Segundo Rodrigues (2005), a entrada nas câmaras frigoríficas deverá ser feita num prazo máximo de 24 horas após a colheita. A conservação dos frutos é feita em atmosfera normal, à temperatura de -0,5°C e 0°C, com uma humidade relativa entre 92 % a 95%.

Caso se verifique a necessidade de tratamento pós-colheita, esta deve ser realizada naquelas peras que vão ser comercializadas 2 a 3 meses após a colheita. Os produtos autorizados para este tratamento são cloreto de cálcio, difenilamida, imazalil, iprodiona, ortofenilfenol e tiabendol (ANP, 2012).

2.2 Agricultura de precisão

2.2.1 Conceito

O conceito de Agricultura de Precisão surgiu no início dos anos 90 na primeira conferência internacional sobre o tema que se realizou em 1992 nos Estados Unidos da América (Esser, *et al.*, 2002). Segundo a definição de Coelho *et al.*, (2009), a Agricultura de Precisão permite uma maior eficiência na gestão da parcela. Esta maior eficiência faz-se através da aplicação diferenciada dos factores de produção, tendo em conta a variação espacial e temporal do potencial produtivo do meio e das necessidades específicas das culturas de forma a assegurar altas produtividades com um menor consumo dos factores de produção associados (fertilizantes, produtos fitofármacos, água para irrigação, etc). Aumenta-se, assim a sua eficiência de utilização, aplicando-os, somente onde são necessários e em quantidades apropriadas melhorando o rendimento económico e reduzindo o efeito pernicioso que a actividade agrícola, poderá ter sobre o meio ambiente.

Uma condição essencial para que se possa abordar o conceito de AP é a existência de variabilidade espacial e temporal. Esta variabilidade pode ser, tanto ao nível das características do solo como da produtividade e características agronómicas das culturas (Kitchen *et al.*, 2005).

As técnicas de deteção remota, permitem avaliar o desenvolvimento das plantas e a resposta de desenvolvimento destas às diversas alterações ambientais a que podem estar sujeitas. Esta avaliação é feita através dos índices de vegetação (Hatfield *et al.*,

2008). Um índice de vegetação é um valor estimado a partir de dados obtidos por detecção remota e é utilizado para quantificar o conforto vegetativo da cobertura vegetação do solo. Basicamente, resultam de combinações de dados espectrais, possibilitando comparações espaciais e temporais da actividade fotossintética terrestre, facilitando, assim, a monitorização sazonal, inter-anual e variações de longo prazo dos parâmetros estruturais, fenológicos e biofísicos da vegetação (WANG *et al.*, 2003). Segundo (Hatfield *et al.*, 2008) permitem relacionar as diferenças de refletância com as alterações de características da canópia. Existem inúmeros índices de vegetação. Todos eles derivam de “ratios” baseados na refletância da luz incidente num comprimento de onda específico do espectro electromagnético. A informação espectral tem sido utilizada para avaliar, desde alterações fisiológicas (stress) devidas a excesso ou defeito de micronutrientes, a detecção de pragas e doenças nas plantas (Pinter *et al.*, 2003).

O índice de vegetação mais utilizado é o NDVI, pois, a par da sua facilidade de uso, está correlacionado com muitas características agronómicas das plantas. De facto, o NDVI tem sido utilizado para avaliar os níveis de azoto na planta, o conteúdo em clorofila, biomassa e produtividade (Ma *et al.*, 1996; Shanahan *et al.*, 2001; Shanahan *et al.*, 2003; Solari *et al.*, 2008). Também, em viticultura de precisão, o NDVI é um dos índices mais utilizados para identificação de áreas infestadas com filoxera (Johnson *et al.*, 1996) e para estimativa da variabilidade espacial do vigor e conseqüente variação do rendimento e qualidade (Hall *et al.*, 2002).

A variabilidade espacial é verificada quando os recursos limitam ou diferenciam a produtividade da cultura (Verhulst, *et al.*, 2008). Uma alta variabilidade espacial de determinados parâmetros da cultura (produtividade, qualidade da produção, vigor, etc.) e fertilidade do solo (condutividade eléctrica, nutrientes, pH, etc.) numa parcela dificulta a optimização na aplicação dos factores de produção (fertilização, aplicação de fitofármacos ou irrigação). Neste caso, na parcela, quando tratada como uma zona homogénea, verifica-se, frequentemente que as operações culturais, nomeadamente aplicação de nutrientes e pesticidas, é sobrevalorizado, levando a que haja um aumento considerável dos custos de produção e um aumento da poluição ambiental. Assim, após a caracterização da variabilidade espacial da cultura, é necessária a delimitação de zonas específicas de gestão na parcela para a aplicação da Tecnologia de Taxa Variável (VRT – Variable Rate Technology) de forma a melhorar a gestão da cultura (Ferguson *et al.*, 2003 cit in Vatsanidou *et al.*, 2014). Doerge, (1998) define como sendo uma zona de gestão, uma sub-região na parcela (sub-parcela) que apresenta uma combinação

relativamente homogénea de factores limitantes da produtividade para os quais é apropriado a aplicação de taxa única de um determinado input.

A uma maior superfície de exploração está associada uma maior variabilidade espacial e, portanto, uma maior oportunidade para tirar partido da tecnologia de taxa variável (VRT – Variable Rate Technology). Esta, a par com outras tecnologias geo-espaciais (GPS, GIS, Mapeamento da Colheita, etc.) é uma das vias mais eficientes para garantir uma gestão eficiente de recursos. Há que salientar que é necessário ter bom senso na utilização destas tecnologias em certas aplicações pois pode não ser recomendável, necessária ou sequer economicamente viável ao nível da exploração agrícola (Braga, 2009).

Segundo Dobermann *et al.*, (2004) as etapas da AP incluem um processo cíclico de: (i) caracterização: quantificar a variabilidade existente, (ii) interpretação: identificar as causas dessa variabilidade e formular que tipo de gestão se pretende, (iii) gestão: aplicar os ‘inputs’ a uma escala apropriada e na altura adequada (VRT), e (iv) monitorização. Esta fase pode e deve ser acompanhada por aplicações em ciclo (a seguir descritas).

Quanto ao horizonte temporal, as aplicações da agricultura de precisão podem classificar-se, em: (i) do tipo ou “curto prazo” ou “one-time”, (ii) “médio-longo prazo” ou em “ciclo”. As primeiras resultam da correcção de factores limitantes da produção numa única campanha (drenagem, pH, etc). Nas aplicações em “ciclo” (o tipo de aplicação da agricultura de precisão mais comum), os factores limitantes (pragas, doenças, macronutrientes, água disponível, etc.) responsáveis pela variação espacial da produtividade/qualidade são dinâmicos na campanha e entre campanhas.

As aplicações em “ciclo” podem também ser agrupadas em duas formas de actuação: em “tempo real” ou “baseada em cartas”. A aplicação da VRT pode ser em “tempo real” ou “baseada em cartas” (Braga, *et al.*, 2011).

- Nas aplicações baseadas em cartas (as mais frequentes), é necessário o recurso a GPS e cartas, quer do recurso (produtividade, NPK, etc) quer, posteriormente, da recomendação. É esta carta de recomendação, ou carta de prescrição, que é alimentada aos sistemas VRT, e que no campo, em função do posicionamento GPS executa a taxa prescrita na zona definida
- Nas aplicações em “tempo real” com o recurso a sensores de diversos tipos, quer à planta (teor de clorofila ou diferenciação de

infestantes/cultura) quer ao solo (condutividade eléctrica aparente), a medição/estimação e a aplicação VRT faz-se em contínuo de forma instantânea. Este tipo de sistemas, ainda pouco comuns mas a ganhar terreno (por exemplo, na aplicação de N), são considerados o futuro das aplicações VRT já que eliminam as principais dificuldades das aplicações baseadas em cartas. De facto, depois de aferidos, os sistemas em “tempo real” reduzem a necessidade de recurso ao GPS, aos *software* SIG, etc. O operador terá apenas que se limitar a percorrer a parcela e deixar que o sistema determine o estado da cultura e calcule e aplique a taxa de factor de produção indicado (figura 5).



Figura 5: Distribuidor VRT de azoto em tempo real. A taxa de aplicação em (1) é função do teor de clorofila estimado em (2).

Um outro tipo de aplicação da agricultura de precisão está na observação da variabilidade da cultura, utilizando-a para uma melhor gestão sem recorrer a qualquer tipo de intervenção (Braga, *et al.*, 2011). Neste caso, utiliza-se a variabilidade existente para fazer uma gestão espacial e temporal das operações culturais (por exemplo, segmentação da colheita).

2.2.2 Tecnologias utilizadas em agricultura de precisão

Detecção Remota

O termo Detecção Remota (DR) pode ser definido como o processo de recolha de informação de áreas e de objectos sobre ou próximos da superfície terrestre, por um sensor de radiação electromagnética colocado acima da mesma superfície terrestre. A DR é composta por duas fases: a recolha da informação e a análise da informação por técnicas de quantificação e interpretação. Estas técnicas são diversas e podem ir desde os métodos tradicionais, tais como interpretação visual até métodos mais sofisticados

como o processamento de imagem. Este processamento de imagem, baseia-se, essencialmente na combinação de zonas do espectro electromagnético, o qual é expresso em comprimentos de onda (Novo, 1998). A radiação que chega a superfície da Terra (radiação global), ao atingir a planta, interage com esta e resulta em três fracções (figura 6):

- uma parte dessa radiação é absorvida pelos pigmentos contidos na folha e participa na síntese de compostos ricos em energia;
- outra parte dessa radiação é reflectida pelas folhas (reflexão); e
- uma terceira parte sofre o processo de transmissão, através das camadas de folhas que compõe a copa e as folhas das plantas.

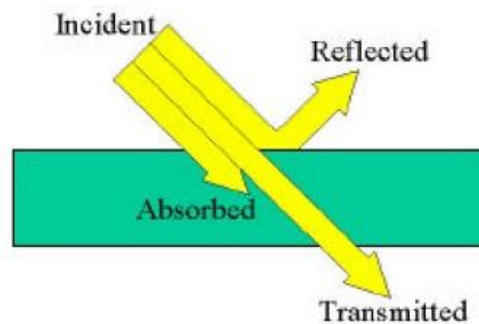


Figura 6: Interações entre energia electromagnética e um elemento de superfície da Terra
Fonte: NOAA, 2002.

Em DR estamos, sobretudo, interessados na radiação reflectida (refletância) pelos elementos, pois, é esta que chega ao sensor e que é convertida em números digitais (Caetano, sem data).

As quantidades de energia absorvida ou reflectida pelas folhas das plantas podem diferir de uma espécie para outra ou até mesmo dentro da própria espécie, porque existem, de entre outros, os factores ambientais que influenciam directa ou indirectamente esta interacção. Geralmente, a vegetação saudável absorve a maior parte da luz visível incidente, a qual é absorvida pelos pigmentos fotossintetizantes situados no mesófilo das folhas e reflecte uma grande parte da luz infravermelha. Pelo contrário, a vegetação não saudável ou esparsa, reflecte mais luz visível e menos luz infravermelha (figura 7) (Holme *et al* 1987).

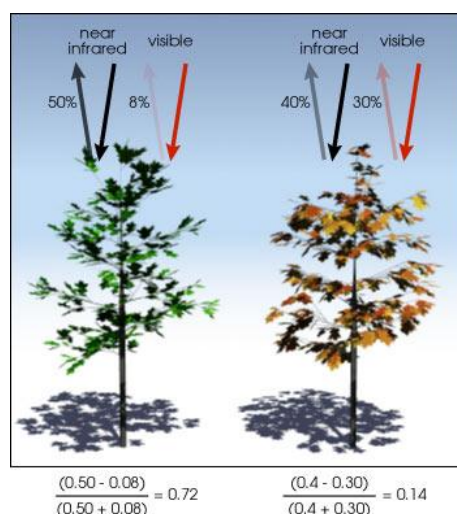


Figura 7: Absorção da radiação por parte de vegetação saudável e não saudável.

De acordo com Moreira (2003), a região do visível compreende toda radiação electromagnética da faixa espectral de 400 a 700 nm. Esta região é composta por 3 zonas: a do vermelho, a do verde e a do azul (RGB). A região do infravermelho é constituída por radiações electromagnéticas cujos comprimentos de onda se situam entre 700 nm e 1mm. Esta região divide-se em três partes:

- Infravermelho próximo (700 a 1.300 nm);
- Infravermelho médio (1.300 a 2.500 nm) e,
- Infravermelho distante (2.500 a 1 mm).

Na tabela 2, apresentam-se as principais divisões do espectro electromagnético.

Tabela 2: Principais divisões do espectro electromagnético.

Divisão	Limites (comprimento de onda)
Raios gama	< 0.03 nm
Raios X	0.03 nm–0.03 μm
Radiação ultravioleta	0.03 – 0.38 μm
Visível	0.38 – 0.72 μm
Infravermelho próximo	0.72 – 1.30 μm
Infravermelho médio	1.30 – 7.00 μm
Infravermelho longo	7.00 – 1000 μm
Microondas	1 mm – 30 cm
Rádio	> 30 cm

Fonte: Caetano (sem data).

Tecnologia de Taxa Variável

Após a caracterização da variabilidade espacial da cultura e delimitação de zonas específicas de gestão na parcela, passa-se para a aplicação da Tecnologia de Taxa Variável (VRT – Variable Rate Technology) (Ferguson *et al.*, 2003 cit in Vatsanidou *et al.*, 2014). Para a aplicação da VRT, Braga, 2009 refere a elaboração de cartas que contenham a recomendação para determinado factor de produção de cada zona específica de gestão (e.g. taxa de aplicação de determinado fertilizante). São estas cartas de recomendação, também designadas por cartas de prescrição que são, então, introduzidas em máquinas com tecnologia VRT, e que no campo, em função do posicionamento GPS, executam a taxa prescrita na zona definida alterando em tempo real a taxa de aplicação. Há que salientar que este processo é moroso e dispendioso e também exigente em conhecimento técnico (Braga, *et al.*, 2011).

As aplicações diferenciadas, VRT – *Variable Rate Technologies*, podem ser enquadradas como o fim da cadeia em relação à utilização do GPS e dos SIG aplicados à agricultura de precisão (Coelho *et al.*, 2009).

GPS (Global Positioning System)

De uma forma genérica, pode considerar-se que os sistemas de posicionamento servem para determinar a localização de um objecto no ar ou na superfície terrestre. O GPS é o sistema de posicionamento mais utilizado nos nossos dias e está na base de quase todos os sistemas de Agricultura de Precisão, uma vez que para determinar a variabilidade espacial de uma dada característica do solo ou de uma cultura é necessário conhecer a localização geográfica precisa de cada um dos pontos utilizados na amostragem. (Coelho, *et al.*, 2009).

O sistema GPS pode ser dividido em dois componentes principais:

- Um sistema de satélites composto por 24 satélites NAVSTAR (*Navigation by Satellite Timing and Ranging*) que giram em torno do globo terrestre percorrendo uma órbita a cada 12 horas;
- Um receptor de sinais no utilizador que possui três componentes principais: receptor rádio, relógio e software para efectuar os cálculos de localização ou posição geográfica.

A monitorização de produtividade das culturas e das aplicações de taxas variáveis (VRT) têm por base o posicionamento fornecido pelo GPS. A par dos SIG, o

GPS é uma das bases de todas as ferramentas na agricultura de precisão (Coelho, *et al.*, 2009).

SIG (Sistemas de Informação Geográfica)

Na sua definição mais simples, um Sistema de Informação Geográfica é uma aplicação informática que permite associar informação de natureza espacial e informação alfanumérica. A grande diferença entre um SIG e outros sistemas de informação não geográficos consiste na sua capacidade de manipular informação com base em atributos espaciais. Os SIG permitem-nos criar mapas temáticos, integrar informação da mais diversa natureza, visualizar múltiplos cenários, resolver problemas, apresentar ideias e propor soluções (Coelho, *et al.*, 2009) (figura 8).

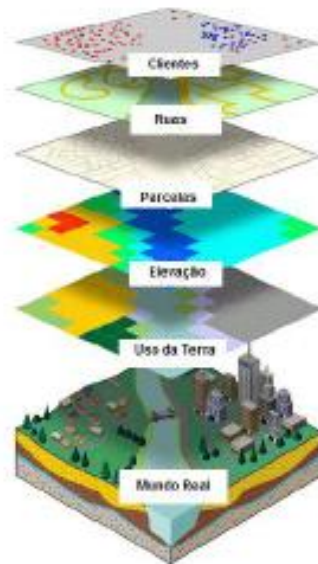


Figura 8: Ilustração das camadas de ilustração de um SIG.
Fonte: Coelho *et al.*, 2009, adaptado de Westfield State University.

No sector agrícola, os SIG têm vindo a ser cada vez mais usados em planeamento e gestão a nível regional e da exploração (gestão de perímetros de rega, cartas de potencial agrícola, estudos de projectos de emparcelamento, gestão da exploração, etc...). A sua utilização em sistemas de Agricultura de Precisão é fundamental, uma vez que a maior parte das tecnologias que servem de base a estes sistemas necessitam de informação georeferenciada. Os SIG são utilizados para armazenar, analisar e apresentar informação. De facto, é a integração dos SIG com

outras tecnologias, como o GPS, que permite criar a estrutura complexa de dados subjacente à maior parte dos sistemas de Agricultura de Precisão (Coelho, *et al.*, 2009).

2.2.3 Aplicações

A Agricultura de Precisão encontra-se bastante mais desenvolvida em culturas arvenses. Isso deve-se ao facto de ter sido por aí que os principais desenvolvimentos se fizeram e onde, inicialmente, no início dos anos 90 do século passado, se perceberam as maiores vantagens e retornos como resultado das maiores áreas de cultivo (Braga, 2009).

Actualmente, os exemplos mais comuns de Agricultura de Precisão estão relacionados com a aplicação diferenciada no espaço de sementes, fertilizantes, fitofármacos e água de rega, o que se justifica, sobretudo, pelo elevado peso económico que estes factores normalmente representam nos custos totais das culturas, pela facilidade de relacionar o seu nível de utilização com a produtividade alcançada pelas culturas e pelo, maior ou menor, impacte ambiental que podem ter. As aplicações diferenciadas de fertilizantes, por exemplo, podem não só contribuir para aumentar consideravelmente o rendimento económico das culturas como ajudam a reduzir o arrastamento de nutrientes e a consequente contaminação das águas residuais e subterrâneas (Coelho, *et al.* 2009).

A AP, através da observação da variabilidade espacial na parcela pode ser direccionada para a gestão espacial e temporal das operações culturais. Por exemplo, a segmentação da vindima. Nesta aplicação, é obtida informação multiespectral da vinha entre a floração e o pintor. Obtêm-se cartas de NDVI, para definir zonas de qualidade de uva diferenciada e desta forma, permitir a constituição de lotes distintos da mesma casta à entrada da adega. Desta maneira, é possível dentro de uma mesma parcela, definir, por exemplo lotes/zonas para “reserva” e lotes para “entrada de gama”. De forma similar, no olival, é possível definir zonas/lotes para “virgem” e “virgem extra” (Braga, *et al.*, 2011).

3. Materiais e Métodos

3.1 Caracterização do campo experimental

A parcela agrícola (Figura 9) situa-se na freguesia de Runa, concelho de Torres Vedras (coordenadas geográficas: entre 39°03'00.51"N, 09°12'37.24"O e 39°02'50.15"N, 09°12'25.13"O).

O pomar foi plantado no ano de 1998 e tem uma área de 5 hectares. A variedade em exploração é Rocha, clone desconhecido.



Figura 9: Imagem aérea da parcela em estudo delimitada pela linha vermelha.

O compasso de plantação é de 1,5m*4m com condução das árvores em eixo e o porta-enxerto utilizado é BA-29 (marmeleiro). Toda a produção tem como destino o mercado externo (Brasil), sendo por isso que a colheita tem que ser feita com alguma antecedência com o fruto num estado de maturação ainda precoce.

Na entrelinha identificam-se várias espécies, nomeadamente bredos (*Amaranthus spp*), catassol (*Chenopodium album*), corriola (*Convolvulus arvensis*) e balanco (*Avena sterilis*). A mobilização na entrelinha é nula procedendo-se apenas ao corte do enrelvamento espontâneo.

No anexo 1 são apresentados os boletins de análise de terra e água.

Existem 3 sectores de rega (figura 10), sendo que não existem diferenças entre eles quanto ao tempo e frequência e dotação de rega, assim como em fertirrega. O tipo de rega é gota-a-gota desde Abril até Setembro.

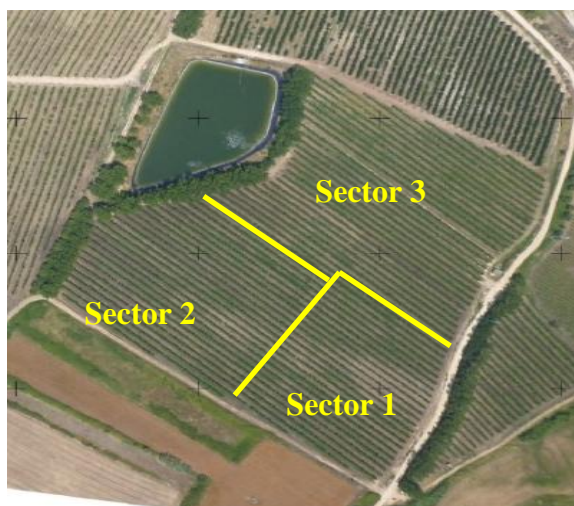


Figura 10: Delimitação dos sectores de rega.

A fertilização é feita por fertirrega distribuído pela época de rega, sendo que também se procede a fertilização por via foliar com Multimicros (solução de micronutrientes altamente concentrada para culturas intensivas) com a quantidade de 2l/ha. Os produtos e quantidades aplicados estão indicados na tabela 3.

Tabela 3: Duração e frequência de rega. Produtos utilizados na fertirrega

Data	Sector 1	Sector 2	Sector 3	32:00:00 (Kg)	0:52:00 (Kg)	0:00:12 (Kg)	Solubor (17% Boro) (Kg)	Ferro (l)	Volume final (l)
14-Abr	30 min	30 min	30 min	35	70	480	40		700
25-Abr	30 min	30 min	30 min	35	70	480	40	60	700
02-Mai	30 min	30 min	30 min	35	70	480	40		700
10-Mai	1 hora	2 hora	3 hora	180	45	720		60	1000
17-Mai	30 min	30 min	30 min	180	45	720			1000
24-Mai	30 min	30 min	30 min	180	45	720			1000
31-Mai	1h 30 m	1h 30 m	1h 30 m	180	45	720			1000
07-Jun	1h 30 m	1h 30 m	1h 30 m	180	45	720			1000
14-Jun	1h 30 m	1h 30 m	1h 30 m	180	45	720			1000
21-Jun	2 horas	2 horas	2 horas	180	45	720			1000
29-Jun	2 horas	2 horas	2 horas	60	50	475			1000
04-Jul	2 horas	2 horas	2 horas	60	50	475			1000
11-Jul	2 h 30 m	2 h 30 m	2 h 30 m	60	50	475			1000
18-Jul	2 h 30 m	2 h 30 m	2 h 30 m	60	50	475			1000
25-Jul	2 h 30 m	2 h 30 m	2 h 30 m	60	50	475		60	1000
01-Ago	2 h 30 m	2 h 30 m	2 h 30 m	60	50	475			1000
08-Ago	3 horas	3 horas	3 horas	60	50	475			1000
14-Ago	3 horas	3 horas	3 horas	60	50	475			1000
22-Ago	3 h 30 m	3 h 30 m	3 h 30 m	60	50	475			1000

Como tratamentos fitossanitários, nesta parcela são empregues insecticidas, fungicidas, herbicidas e promotores de vingamento de frutos.

A monda dos frutos é realizada em Junho. Os calibres comercializáveis são acima dos 50 mm com um preço de venda do produtor variando com o calibre mas sendo, em média 0,3 €/Kg. A colheita foi iniciada no dia 21 de Agosto na zona onde se verifica clorose férrica.

3.2 Caracterização Edafoclimática

A zona onde se situa o pomar em estudo caracteriza-se por ter um clima Temperado. Segundo a classificação climática de Koppen-Geiger, a Região de Torres Vedras pertence ao grupo **C**. Nesta classificação climática, os grupos são determinados pela temperatura dos meses mais quentes e mais frios, assim como pelo balanço hídrico. Assim, o grupo **C** caracteriza-se por apresentar clima temperado ou mesotérmico:

- $T_{\text{Quente}} > 10^{\circ}\text{C}$;
- $-3^{\circ}\text{C} < T_{\text{Fria}} < 18^{\circ}\text{C}$;
- $\text{Precipitação} > \text{Evapotranspiração potencial}$

O tipo de clima está relacionado com o regime pluviométrico. Verifica-se o tipo **s**, o qual é caracterizado por ter um verão seco com uma precipitação do mês mais húmido de verão inferior a 40 mm e representa um terço da precipitação do mês mais húmido de Inverno. O subtipo de clima relaciona-se com a discriminação das estações pela temperatura do ar. Assim, o subtipo da zona em estudo é **b**, ou seja é caracterizado por ter um verão longo e fresco onde as temperaturas médias mais altas são até 22°C , sendo que, pelo menos 4 meses com temperaturas médias superiores a 10°C (Classificação climática de Koppen-Geiger).

Assim o clima da zona em estudo é **Csb** (clima temperado com verão seco e suave). Na zona de Torres Vedras o número de horas de frio tem valores que se situam entre os 500 e 750 horas, valores, aliás, adequados à cultura da pêra Rocha.

A unidade pedológica a que pertence o solo desta parcela é do tipo Barros (Vertissolos na classificação FAO). São solos pesados, predominantemente argilosos, de perfil A B C, de coloração negra ou pardo muito escuro, muito pegajosos e plásticos, tornando-se muito duros quando secos, e nesta fase abrindo largas e profundas fendas (Câmara Municipal de Torres Vedras, 2006). A figura 11 apresenta a carta de solos (DGADR/MAMAOT) na parcela em estudo. Segundo a Nota Explicativa

(DGADR/MAMAOT) para esta carta, a classificação “Cb” corresponde a Barros Castanho-Avermelhados, não calcários, de basaltos ou doleritos ou outras rochas eruptivas ou cristalofílicas básicas. A classificação “Cbc” corresponde a Barros Castanho-Avermelhados, calcários, não descarbonatados, de basaltos ou doleritos ou outras rochas eruptivas ou cristalofílicas básicas associados a calcário friável. A classificação “Bp” corresponde a Barros Pretos, não calcários, de dioritos ou gabros ou outras rochas eruptivas ou cristalofílicas básicas. A classificação “Arb” corresponde a afloramento rochoso de basaltos ou doleritos ou outras rochas eruptivas básicas afins. A classificação “Lb” corresponde a solos litólicos, não húmicos, pouco insaturados, normais, de basaltos, doleritos ou outras rochas eruptivas básicas.

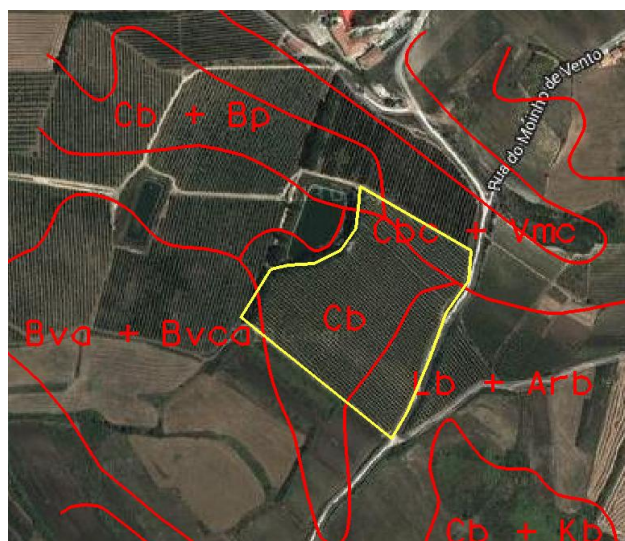


Figura 11: Classificação do solo da parcela.
Fonte: Carta de solos, DGADR/MAMAOT.

3.3 Análise Estatística

Na análise estatística procedeu-se à análise descritiva, através da qual se obteve os coeficientes de variação relativos às variáveis dependentes e independentes. Este indicador permite avaliar a magnitude da variabilidade intraparcular. Quando superior a 10%, considera-se que a variável apresenta variabilidade relevante. As análises de correlação e regressão linear, foram feitas entre todas as variáveis dependentes e independentes com o intuito de avaliar a dependência entre elas e de que forma as variáveis de produtividade e qualidade são explicadas pelos índices de vegetação.

Para esta análise utilizou-se o software de estatística Statistics.

3.4 Delineamento experimental

Após obtenção das imagens aéreas procedeu-se ao seu processamento que se resume à combinação de diferentes comprimentos de onda resultando nos índices de vegetação. Foi feita uma amostragem estratificada, a qual teve como base o NDVI e o PPR, que foram classificados a 2 níveis em função da mediana (valores de pixel alto e valores de pixel baixo – 2 factores com dois níveis). Após identificação das árvores pertencentes a cada factor e a cada nível, procedeu-se à seleção e marcação de 3 árvores por modalidade num total de 12 árvores amostra, árvores estas, alvo de uma série de análises morfológicas, de produtividade e de qualidade dos frutos. Finalmente procedeu-se à análise estatística dos dados com a respectiva discussão e conclusões dos resultados obtidos.

3.4.1 Obtenção das imagens aéreas

O voo foi efectuado por avião no dia 28 de Junho de 2013 por uma empresa especializada (AREA400). A altura do voo foi de 500 metros. As imagens têm uma resolução de 15 centímetros e a resolução espectral é RGB e NIR. As imagens foram georeferenciadas e corrigidas para distorções geométricas. Após importação para um sistema de informação geográfica, foi aplicado um filtro que permitiu separar os pixéis correspondentes à copa e os pixéis correspondentes a solo/infestantes. Após a aplicação deste filtro, todas as copas foram individualizadas num polígono no centro do qual se obteve a refletância em cada banda para o cálculo dos índices de vegetação. Deste modo, o valor resultante de cada índice de vegetação diz respeito ao centróide da copa após a aplicação de um filtro do tipo média focal 4x4 pixéis.

3.4.2 Índices de vegetação

Neste trabalho, os índices de vegetação escolhidos para realizar a amostra estratificada foram o NDVI e PPR que serão os descritos a seguir com mais pormenor.

NDVI (Normalized Difference Vegetative Index)

Embora existam muitos índices de vegetação, o NDVI é o mais largamente utilizado a nível global. Foi desenvolvido por Rouse *et al*, (1973). É muito utilizado

para a análise de medições baseadas em detecção remota. É obtido através da divisão entre a diferença dos valores da refletância do infravermelho próximo e do vermelho da zona do visível do espectro electromagnético, pela diferença entre os mesmos valores de refletância. A equação que define este índice de vegetação é:

$$\text{NDVI} = (\text{NIR} - \text{RED}) / (\text{NIR} + \text{RED})$$

Estes dois comprimentos de onda são os mais sensíveis à absorção/reflexão/transmissão de energia pela clorofila presente nas folhas e pela densidade de vegetação verde na superfície do solo. A conjugação destes dois comprimentos de onda (zona de baixa refletância com uma zona de alta refletância) permite-nos obter o contraste máximo entre o solo e a vegetação (Warren, *et al.*, 2005).

O NDVI é um índice normalizado, ou seja, a sua gama de variação é de -1 a +1, Ausência de vegetação dá-nos valores próximos de zero enquanto que, quanto mais próximo de +1, mais densa é a presença de vegetação. Quanto maior o NDVI maior o vigor vegetativo e melhor hidratada se encontra a planta (Warren, *et al.*, 2005).

PPR (Plant Pigment Ratio)

O PPR é um índice de vegetação que nos informa sobre o aspecto vegetativo da planta, isto é, o quão verde a planta se apresenta (pigmentação) e o estado nutricional da planta quanto ao azoto. O PPR é um índice obtido pela razão entre a banda do verde e a banda do azul da imagem aérea. A equação que define este índice de vegetação é:

$$\text{PPR} = (\text{GREEN} - \text{BLUE}) / (\text{GREEN} + \text{BLUE})$$

Quanto menor o valor de PPR, mais amarelo se apresenta a imagem aérea o que representa no campo plantas com mais pigmentação fotossintética. Plantas cloróticas, apresentam um valor mais alto de PPR com uma cor mais azul/verde. Quanto maior o nível de pigmentação das folhas, maior a absorção no comprimento de onda do azul, traduzindo um ND menor. Contrariamente, fraca pigmentação foliar significa menor nível de absorção da energia, ou seja valores mais altos de refletância (Metternicht, *et al.*, 2001).

SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index)

Huete (1988) observou que os valores de reflectância de um dossel sobre diferentes solos não são correctamente descritos pelo NDVI. Assim, propôs um índice de vegetação, SAVI, e é calculado pela seguinte fórmula:

$$\text{SAVI} = [(\text{NIR}-\text{RED})]/[(\text{NIR}+\text{RED}+\text{L})]*(1+\text{L})$$

onde $0 < L < 1$, sendo que 0,5 é o valor , normalmente utilizado. O SAVI reduz o efeito da reflectância do solo (Huet, 1988 cit. por Warren, e tal., 2005).

PVR (Photosynthetic Vigour Ratio)

A utilização deste índice de vegetação apresenta um bom comportamento na observação da clorose em plantas com nutrição deficiente ou sob stress causado por doenças ou ainda na identificação da senescência da planta. Este índice apresenta valores altos para canópias fotossinteticamente muito activas com grande absorção de energia na banda do vermelho e valores baixos para canópias com um conteúdo de clorofila mais baixo (Metternicht, *et al.*, 2001).

Tabela 4: Índices de vegetação utilizados na presente tese.

	Designação		Equação
Banda do Infravermelho Próximo	NDVI	Normalized Difference Vegetative Index	$\text{NDVI} = (\text{nir} - \text{red}) / (\text{nir} + \text{red})$
	SAVI	Soil Adjusted Vegetation Index	$\text{SAVI} = [(\text{nir} - \text{red})]/[(\text{nir} + \text{red} + \text{L})]*(1+\text{L})$
	IPVI	Infrared Percentage Vegetation Index	$\text{IPVI} = (\text{nir} / (\text{nir} + \text{red}))$
	DVI	Difference Vegetation Index	$\text{DVI} = \text{nir} - \text{red}$
	PCD	Plant Cell Density	$\text{PCD} = \text{nir}/\text{red}$
	PPR	Plant Pigment Ratio	$\text{PPR} = (\text{green} - \text{blue}) / (\text{green} + \text{blue})$
Banda do Visível	I	Intensity	$I = \text{red} + \text{green} + \text{blue}$
	HUE	HUE	$H = (\text{green} - \text{blue}) / (I - 3 * \text{blue})$
	S	Saturação	$S = (I - 3 * \text{blue}) / I$
	RPER	Red Percentage	$\text{RPER} = \text{red}/I$
	GPER	Green Percentage	$\text{GPER} = \text{green}/I$
	BPER	Blue Percentage	$\text{BPER} = \text{blue}/I$
	SGB	Subtraction Green Blue	$\text{SGB} = \text{green} - \text{blue}$
	PVR	Photosynthetic Vigour Ratio	$\text{PVR} = (\text{green} - \text{red}) / (\text{green} + \text{red})$
	RB	Red Blue Simple Ratio	$\text{RB} = \text{red}/\text{blue}$
	NDGRI	Normalized Difference Green Red Index	$\text{NDGRI} = (\text{green} - \text{red}) / (\text{green} + \text{red})$
NDGBI	Normalized Difference Green Blue Index	$\text{NDGBI} = (\text{green} - \text{blue}) / (\text{green} + \text{blue})$	
NDRBI	Normalized Difference Red Blue Index	$\text{NDRBI} = (\text{red} - \text{blue}) / (\text{red} + \text{blue})$	

Fonte: Zakaluk *et al.*, 2008.

3.4.3 Amostragem

Utilizaram-se as bandas do visível (vermelho, verde e azul) e do infravermelho próximo para obter os índices de vegetação, NDVI e PPR. Realizou-se uma escolha das árvores amostra baseada num critério estratificado pelo mapa NDVI/PPR. A escolha para a amostragem recaiu nestes dois índices de vegetação para garantir que se obtém uma amostra de árvores diversa. O NDVI e o PPR explicam diferentes características da planta, pois no primeiro entram na sua composição a banda do visível e do infravermelho e no segundo, somente a banda do visível. Assim, conjugaram-se estes dois índices de vegetação de forma a obter 2 factores com 2 níveis cada um: NDVI alto / PPR alto (**A**); NDVI alto / PPR baixo (**B**); NDVI baixo / PPR alto (**C**); NDVI baixo / PPR baixo (**D**). As plantas referentes ao perfil **A** têm índices de NDVI e PPR altos, o que significa que são plantas com grande vigor vegetativo e com fraca pigmentação fotossintética. As plantas que encaixam no perfil do perfil **B** (altos valores de NDVI e baixos valores de PPR) são as que têm melhor estado nutricional, maior conforto hídrico e maior vigor vegetativo, assim como boa pigmentação fotossintética. As plantas enquadradas no perfil **C** (baixo NDVI e alto PPR), apresentam baixo vigor vegetativo, evidenciam um conforto hídrico muito baixo além de se apresentarem má pigmentação fotossintética. São as plantas em pior estado geral, tanto de vigor como fitossanitário. Quanto ao perfil **D**, tem plantas que, apesar de apresentarem boa pigmentação fotossintética conferindo um tom muito verde, podem aparecer com algumas manchas amarelas e têm um vigor vegetativo bem mais fraco do que as dos perfis **A** e **B**. A figura 12 esquematiza a distribuição das árvores amostradas.

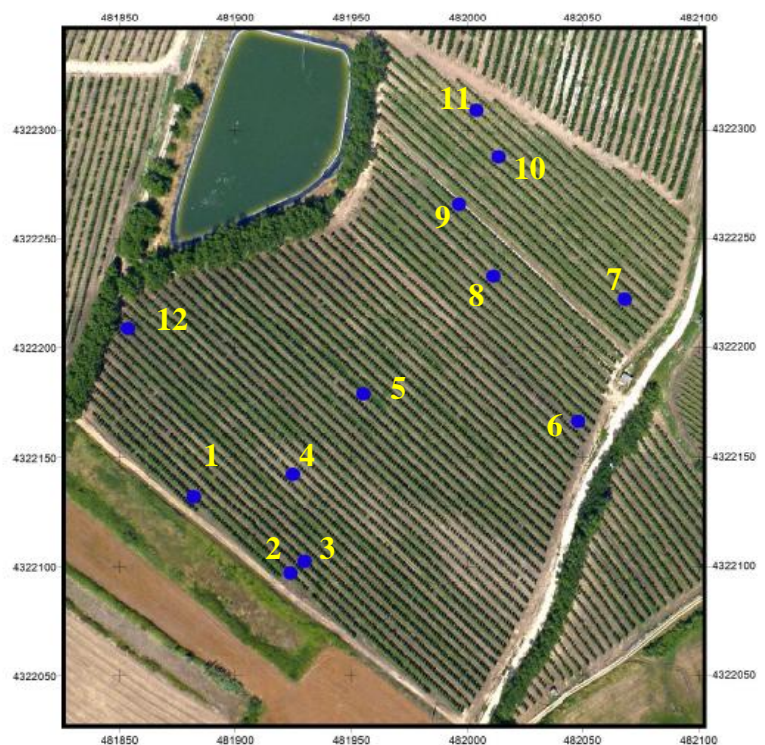


Figura 12: Localização das árvores amostradas.

Na tabela 5 está indicado que árvores amostradas correspondem a cada perfil.

Tabela 5: Correspondência de cada árvore amostrada a cada perfil.

Árvore	Designação
7	A
9	
2	
5	B
1	
3	
11	C
10	
8	
6	D
4	
12	

3.4.4 Medição dos parâmetros agronômicos

3.4.4.1 Caracterização do vigor da planta e dimensão do aparelho fotossintético

Aparelho fotossintético

Esta caracterização baseia-se no cálculo do diâmetro médio do tronco, da altura da base da copa, da altura máxima da copa, da altura média da copa, da largura da copa e volume da copa e da área seccional do tronco.

Assim, foi feita, 20 cm acima do ponto de enxertia, a medição do diâmetro transversal e longitudinal do tronco para calcular a AST, cuja fórmula de cálculo é:

$$AST = \pi(d/20)$$

onde **d** é a média dos diâmetros transversal e longitudinal.

No cálculo do volume médio da copa (VMC) aplica-se o modelo elíptico do cone (Wright *et al.*, 2006), com a seguinte fórmula:

$$VMC (m^3) = (1/12)\pi * Lpl * Lpp * h$$

onde **Lpl** é a largura paralela da copa relativamente à linha de plantação, **Lpp** é a largura perpendicular da copa relativamente à linha de plantação e **h** é a diferença entre a altura máxima da copa e a altura da base da copa.

A altura média (**hm**) corresponde à média entre a altura da base da copa (**hbase**) e a altura máxima da copa (**hmax**). É calculada pela seguinte equação:

$$\mathbf{hm = (hbase + hmax)/2}$$

A largura média da copa (**Lmédia**) corresponde à média entre a largura perpendicular da copa (**Lpp**) e a largura paralela da copa (**Lpl**). É calculada pela seguinte equação:

$$\mathbf{Lmédia = (Lpp + Lpl)/2}$$

O ratio (**R**) é o quociente entre a altura da copa (diferença entre a altura máxima e a altura a que começa a copa) e as médias das larguras perpendicular (**Lpp**) e paralela (**Lpl**) e tem como finalidade verificar se existem diferenças entre as formas da copa dos sistemas. É calculada pela seguinte equação:

$$\mathbf{R = (hmax - hbase)/Lmédia}$$

3.4.4.2 Potencial hídrico de base

As medições do potencial hídrico de base foram realizadas antes do amanhecer (entre as 5 e 6:30 da manhã) nos dias 1 de Agosto, 8 de Agosto, 15 de Agosto e 21 de Agosto de 2013 resultando em 4 medições com intervalo de 7 dias entre cada uma. Por cada árvore amostra retiraram-se 4 folhas situadas sensivelmente à altura do nível dos olhos pelos 4 quadrantes da árvore. O instrumento utilizado para a medição do potencial hídrico de base foi a Câmara de Sholander (PMS 600). As folhas depois de colhidas foram rapidamente transportadas para a câmara em sacos de plástico contendo algodão humedecido de forma a minimizar as perdas de água.

3.4.4.3 Colheita (produção unitária e calibres)

A colheita neste pomar foi escalonada, isto é, foi iniciada no dia 21 de Agosto. Neste dia foram colhidas as peras das árvores amostra, pesadas e calibradas com uma tábua de calibração. Além disso foram seleccionadas 25 peras da zona intermédia da árvore (ao nível dos olhos) dos 4 quadrantes para servir de amostra para os ensaios destrutivos.

3.4.4.4 Análise dos parâmetros de qualidade do fruto – análises destrutivas

Os frutos foram analisados 1-2 dias após a colheita. As análises efectuadas resumem-se à determinação da firmeza da polpa, da cor da epiderme, da acidez titulável e do teor de sólidos solúveis.

Determinação da firmeza da polpa

A firmeza da polpa foi determinada nos dois lados opostos de cada fruto na zona equatorial, após a remoção da epiderme, através da utilização de um penetrómetro manual (FT-327; Facchini, Italy) montado num suporte com alavanca e equipado com uma sonda de prova convexa de 8 mm de diâmetro com uma pressão constante. Os resultados apresentados representam a força máxima (F_{max}) necessária para introduzir a sonda de prova de 8 mm na polpa da amostra e dizem respeito à média dos 25 frutos de cada árvore. A firmeza é expressa em Kg/0,5cm².

Cor da epiderme

A determinação da cor da epiderme dos frutos, foi medida segundo o sistema de coordenadas CIE, L*, a*,b*, por meio de um colorímetro CR-400 (Konica-Minolta, Osaka, Japan), com um iluminante D65 e um ângulo de observação de 2°. O equipamento foi calibrado com uma placa branca no início de cada observação das amostras. As coordenadas vectoriais ângulo de tonalidade (h°) e Cromo (C^*) foram calculadas pelas equações (McGuire, 1992):

$$h^\circ = \text{arc tan } b^*/a^*$$

$$C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$$

As medições com o colorímetro foram realizadas nas duas faces opostas de cada fruto na zona equatorial nos 25 frutos por árvore.

Acidez Titulável (AT) e Teor de Sólidos Solúveis (TSS)

Foram elaborados 4 sumos por cada amostra de 6 frutos. Cada sumo foi elaborado com 1/5 seleccionado de uma amostra do fruto não descascado, por meio de uma liquidificadora comercial. O material resultante da trituração foi filtrado utilizando filtros de celulose antes das medições da acidez titulável e do teor em sólidos solúveis.

O teor em sólidos solúveis foi medido em cada amostra de sumo através de um refractómetro digital (Hanna instruments, Modelo HI 96801). A acidez titulável foi determinada pela titulação de 10 mL de sumo com 0.1 N de NaOH até ao ponto de pH 8,1. A acidez titulável apresenta-se expressa pela concentração equivalente de ácido málico (g/L de sumo). A quantidade de gramas de ácido málico por litro de sumo é obtida pela equação:

$$\text{Acidez (g/L)} = \text{ml NaOH gasto na titulação} \times 0,67$$

4. Resultados e Discussão

4.1 Variáveis de detecção remota

No anexo 2, são apresentados dos ND dos índices de vegetação. Na figura 13 apresentam-se os mapas da parcela em RGB (banda do visível), falsa cor, NDVI, PPR e NDVI/PPR.

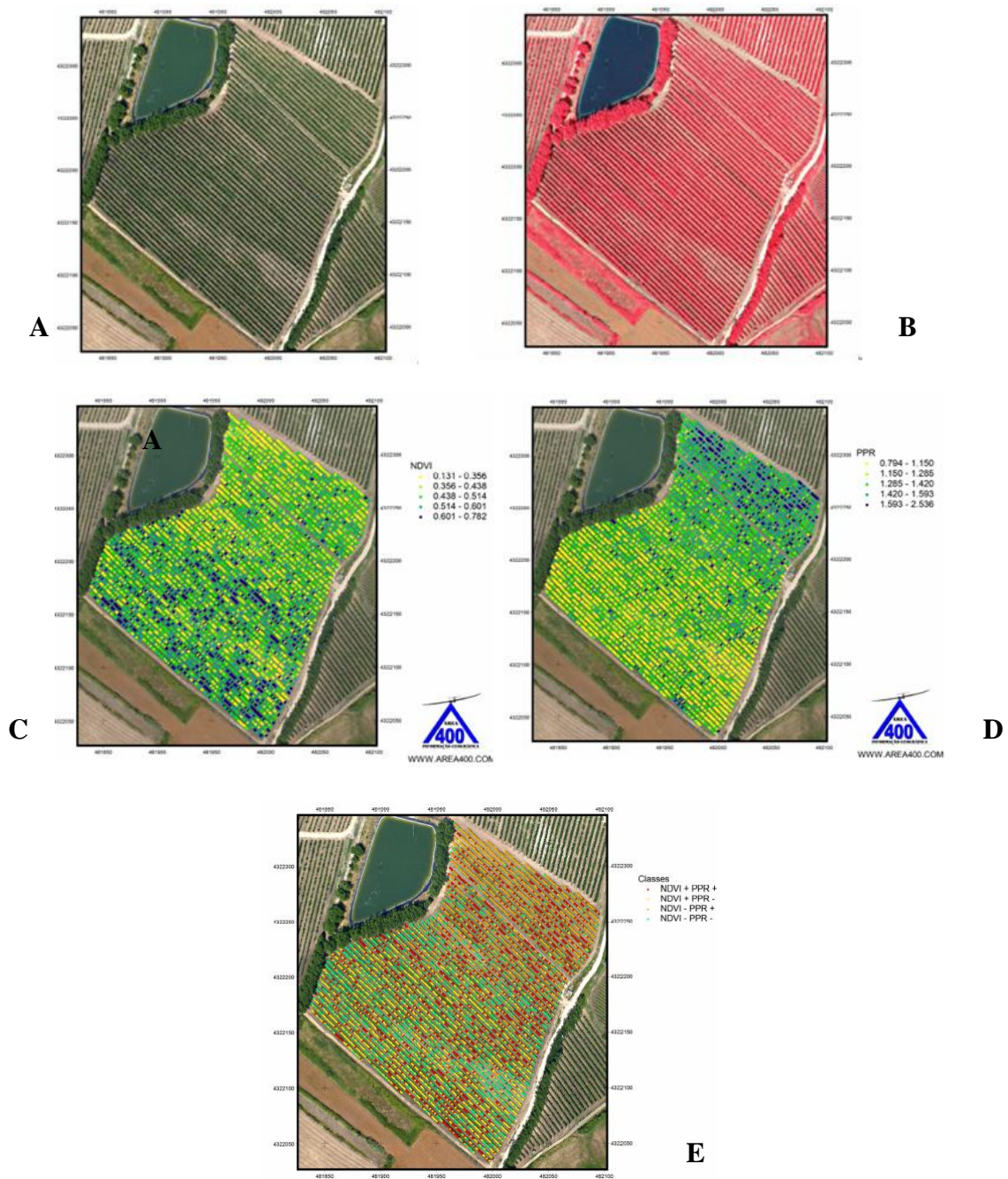


Figura 13: A) Mapa de RGB B) Mapa de falsa cor C) Mapa de NDVI D) Mapa de PPR E) Mapa de NDVI/PPR.

Na tabela 6, apresenta-se a estatística descritiva para os índices de vegetação.

Tabela 6: Estatística descritiva para os índices de vegetação

	Medidas de localização				Medidas de dispersão		
	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	Desvio Padrão	Variância	Coeficiente de Variação
HUE	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	56,17
SGB	19,98	19,13	2,25	38,00	11,07	122,630	55,43
NDGBI	0,14	0,14	0,01	0,24	0,07	0,005	48,09
NDRBI	0,14	0,14	0,01	0,24	0,07	0,005	48,09
NDGRI	0,10	0,09	0,00	0,17	0,04	0,045	43,58
I	206,81	216,13	106,50	267,75	47,21	2229,100	22,83
DVI	109,81	113,38	51,50	143,50	24,94	621,960	22,71
S	59,12	63,12	32,07	73,73	13,21	174,400	22,34
PCD	2,78	2,76	1,77	3,82	0,61	0,367	21,83
AREA	2,96	3,05	1,57	3,94	0,58	0,332	19,45
NDVI	0,46	0,47	0,28	0,58	0,09	0,008	19,31
SAVI	0,68	0,70	0,41	0,86	0,13	0,017	19,27
RB	1,11	1,06	0,87	1,61	0,20	0,041	18,21
PPR	1,35	1,32	1,03	1,62	0,19	0,034	13,77
BPER	0,29	0,29	0,24	0,34	0,03	0,001	10,39
PERIMETRO	7,83	8,06	6,82	8,90	0,75	0,562	9,57
PVR	1,22	1,20	1,01	1,41	0,10	0,010	8,40
RPER	0,32	0,32	0,29	0,38	0,02	0,001	7,42
IPVI	0,73	0,73	0,64	0,79	0,04	0,002	6,04
GPER	0,39	0,38	0,35	0,42	0,02	0,000	4,76

Verificam-se 3 níveis de intensidade de variabilidade: alta (HUE, SGB, NDGBI, NDRBI, NDGRI), intermédia (I, DVI, S, PCD, AREA, NDVI, SAVI e RB), baixa (PPR, BPER e PERIMETRO) e pouco relevante (PVR, RPER, IPVI e GPER). São, na generalidade os índices de vegetação da banda do visível que apresentam maior variabilidade espacial.

4.2 Variáveis de produção e qualidade

No anexo 3 são apresentados os resultados relativos à caracterização do aparelho fotossintético. No anexo 4 são apresentados os valores medidos para o potencial hídrico de base. No anexo 5 são apresentados os resultados respeitantes aos parâmetros “Firmeza”, “Cor”, “Acidez titulável e “Teor de Sólidos Solúveis - TSS”. No anexo 6 são apresentados os resultados obtidos em valor absoluto e relativo para o número de frutos totais e para o peso da produção por árvore e por calibre. No anexo 7 são

apresentados os resultados relativos às variáveis de produtividade. Na tabela 7, apresenta-se a estatística descritiva para estes dados.

Os valores de coeficiente de variação obtidos realçam imediatamente que é nos frutos com calibres mais elevados que a variabilidade é notória. Isto deve-se ao facto de somente algumas árvores amostradas produzirem frutos de calibre superior.

O vigor vegetativo das árvores apresenta, também variabilidade espacial através do volume da copa ($cv=35,91\%$), sendo a altura da base da copa ($cv=23,98\%$) e a largura da copa ($cv=12,15\%$), as variáveis dependentes relativas ao vigor vegetativo que mais contribuem para este resultado.

Apesar de o pomar em estudo ser regado para ter conforto hídrico, o potencial hídrico de base, apresenta uma variabilidade espacial de 15% a 22%.

Relativamente à produtividade verifica-se que esta variável apresenta um coeficiente de variação de 26,21 %, significando isto, uma amplitude que pode ir de 28417 Kg/ha a 79033 Kg/ha, uma variação de produção na ordem dos 50000 Kg/ha.

No que diz respeito aos parâmetros de qualidade, não se encontra variabilidade relevante na parcela. A acidez titulável é o único parâmetro de qualidade que se aproxima mais de apresentar alguma variabilidade espacial com um coeficiente de variância de 9.98%.

Tabela 7: Estatística descritiva para os parâmetros de produtividade e qualidade.

	Medidas de localização				Medidas de dispersão		
	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	Desvio Padrão	Variância	Coefficiente de Variação
Aparelho Fotossintético							
Volume copa (m3)	3,3133	2,955	2,14	5,91	1,1903	1,4169	35,926
kg/volume	9,7117	9,78	5,27	15,6	2,6737	7,1486	27,531
altura a que começa a copa (m)	0,52	0,53	0,33	0,72	0,1247	0,0155	23,977
Largura média da copa	1,9225	1,88	1,655	2,405	0,2336	0,0545	12,148
Rácio	1,75	1,805	1,44	2,01	0,1679	0,0282	9,5928
altura máxima da copa h (m)	3,87	3,88	3,27	4,57	0,3607	0,1301	9,3206
altura média	2,195	2,2075	1,855	2,45	0,1741	0,0303	7,9297
diâmetro médio tronco (cm)	14,896	14,75	13,5	16,75	1,1514	1,3257	7,7295
AST tronco (cm2)	2,3392	2,315	2,12	2,63	0,1802	0,0325	7,7047
Potencial Hídrico							
1 de agosto	-0,6219	-0,5625	-0,9	-0,475	0,1413	0,02	22,727
15 de agosto	-0,4286	-0,4375	-0,5188	-0,3	0,0711	5,05E-03	16,583
8 de agosto	0,5495	0,5375	0,7125	0,4375	0,0881	6,60E-02	16,038
21 de agosto	-0,4641	-0,4563	-0,5687	-0,3312	0,0697	4,85E-03	15,01
Produtividade							
Nfrutos cal >75 mm	0	0	0	0	0	0	M
Nfrutos cal 70/75mm	0,0108	0	0	0,12	0,0345	9,00E-02	318,45
Peso cal 70/75 mm	0,0167	0	0	0,18	0,0516	2,66E-03	309,49
Peso cal >75 mm	1,67E-03	0	0	0,01	3,89E-03	1,52E-05	233,55
Peso cal 65/70 mm	0,0367	0,04	0	0,1	0,0287	8,24E-04	78,299
Nfrutos cal 65/70mm	0,0192	0,025	0	0,04	0,0144	2,08E-04	75,307
Nfrutos cal 60/65mm	0,0758	0,06	0,02	0,18	0,0521	2,72E-03	68,741
Peso cal 60/65 mm	0,095	0,08	0,03	0,22	0,0623	3,88E-03	65,583
Nfrutos total	283,83	265,5	148	514	96,344	9282,2	33,944
Produtividade (Kg/há)	50710	50583	28417	79033	13292	1,77E+08	26,211
Peso total	30,429	30,355	17,05	47,42	7,9751	63,602	26,209
Nfrutos cal 55/60 mm	0,2492	0,255	0,14	0,34	0,0646	4,17E-03	25,923
Peso cal <55 mm	0,5667	0,565	0,32	0,75	0,1266	0,016	22,339
Peso cal 55/60 mm	0,2867	0,275	0,19	0,38	0,0636	4,20E-02	22,179
Nfrutos cal <55mm	0,6508	0,65	0,4	0,83	0,1274	0,0162	19,572
peso medio fruto (g)	109,42	111,25	92,3	129,2	10,906	118,95	9,9677
Qualidade							
Acidez titulável	1,5567	1,555	1,17	1,76	0,1554	0,0242	9,9834
Firmeza	6,9133	6,846	6,284	7,63	0,4152	0,1724	6,0054
TSS	10,188	10,125	9,525	11,05	0,4849	0,2352	4,7602
L	64,391	64,205	62,24	67,56	1,4076	1,9814	2,186
Tonal	109,05	108,7	106,92	111,72	1,3946	1,9448	1,2789

O anexo 8 apresenta os resultados da análise de correlação e o anexo 9 apresenta os resultados da regressão linear. A regressão linear só foi feita para aquelas variáveis que apresentam melhor coeficiente de correlação. A tabela 8 apresenta as correlações mais relevantes.

Tabela 8: Índices de Vegetação com maior correlação com os parâmetros produtivos e de qualidade.

Parâmetro Produtividade/Qualidade	Índice de Vegetação	r	r²
Aparelho fotossintético			
diâmetro médio tronco (cm)	PERIMETRO	-0,84	0,697
AST tronco (cm ²)	PERIMETRO	-0,83	0,697
altura média	NDVI	0,78	0,604
altura da base da copa (m)	RPER	0,59	0,349
Volume copa (m ³)	I	-0,75	0,569
Altura máxima da copa	PCD	0,81	0,649
Largura média da copa	PVR	0,70	0,483
Rácio	DVI	0,53	0,286
Produtividade			
Nfrutos total	PVR	0,76	0,571
Peso total	PVR	0,71	0,501
peso medio fruto (g)	PVR	-0,54	0,291
Produtividade (Kg/há)	PVR	0,71	0,501
Nfrutos cal <55mm	PVR	0,61	0,367
Peso cal<55 mm	PVR	0,58	0,334
Nfrutos cal 55/60 mm	PVR	-0,66	0,457
Peso cal 55/60 mm	PVR	-0,60	0,359
Nfrutos cal 60/65mm	PVR	-0,63	0,284
Peso cal 60/65 mm	RPER	0,59	0,319
Peso cal 65/70 mm	BPER	0,43	0,161
Nfrutos cal 65/70mm	GPER	0,43	0,107
Nfrutos cal 70/75mm	SGB	0,49	0,238
Peso cal 70/75 mm	SGB	0,48	0,227
Peso cal>75 mm	HUE	-0,15	0,016
kg/volume	PPR	0,28	0,08
Qualidade do fruto			
Acidez titulável	AREA	0,61	0,364
L	NDGRI	-0,54	0,292
Tonal	NDRBI	-0,83	0,695
Firmeza	BPER	0,58	0,339
TSS	PERIMETRO	0,64	0,404
Potencial hídrico			
1 de agosto	HUE	0,30	0,09
8 de agosto	PPR	-0,42	0,17
15 de agosto	S	-0,33	0,11
21 de agosto	DVI	-0,40	0,158

Verifica-se que são os índices de vegetação da banda do visível que explicam a maioria dos parâmetros de produtividade e qualidade.

O RB, SAVI, IPVI e NDGBI são índices de vegetação ausentes da tabela 8, pois não apresentaram as melhores correlações com os parâmetros em estudo.

Pela análise dos coeficientes de correlação, e considerando que um coeficiente de correlação é moderado quando em termos absolutos os valores são superiores a 0,40 (Franzblau, 1958), verifica-se que existem índices, principalmente os relacionados com a banda do visível (PPR, AREA, SGB, RB, BPER, NDGBI, NDRBI) que mostram haver uma tendência conjunta em representar o diâmetro médio do tronco e as características qualitativas do fruto. Parece haver uma qualquer relação entre o diâmetro do tronco e a qualidade do fruto. Estudos mais aprofundados nesta matéria poderão esclarecer esta relação.

Vigor vegetativo

Os índices de vegetação da banda do visível estão melhor correlacionados com o vigor vegetativo da árvore. O NDVI é o índice de vegetação que melhor explica a altura média da árvore ($r=0,780$) e o PCD, o rácio ($r=0,81$) entre a altura e a largura. Pela análise da carta de solos e mapa de NDVI, verifica-se uma zona na parcela onde o vigor vegetativo é menor. Isto, pode dever-se ao facto de a classificação do solo nessa zona se do tipo “**Arb**”, correspondendo a afloramento rochoso criando uma situação de menor espessura de solo, levando a que as raízes não tenham volume de solo para que possam permitir um desenvolvimento vegetativo da parte aérea da árvore. O PVR é o índice de vegetação que melhor explica a largura média da copa ($r=0,70$). Isto pode significar que o NDVI, o PCD e o PVR consegue identificar as árvores com maior vigor vegetativo. Estes dados podem ser importantes na medida em que a gestão na parcela pode ser feita de forma mais eficiente de modo a uniformizar e rentabilizar a produtividade. Esta gestão pode ir de encontro à selectividade da poda, actuando de uma forma mais específica naquelas árvores ou zonas da parcela onde se identifica um crescimento vegetativo mais vigoroso ou ir de encontro ao esquema de fertilização principalmente a azotada pois o azoto está envolvido no vigor vegetativo da planta de uma forma directamente proporcional.

Perry, *et al*, (2010), num estudo sobre variabilidade espacial entre características morfológicas de pereira, verificou que a área seccional do tronco e o NDVI estão

fortemente correlacionadas. No entanto neste estudo, verificou-se que o melhor índice de vegetação para explicar a AST é o PERIMETRO (índice de vegetação geométrico).

Produtividade

O PVR é o índice de vegetação que melhor explica os calibres obtidos. É o índice de vegetação que mais correlacionado está com a produtividade ($r=-0,71$ e $r^2=0,501$). Apresenta uma relação proporcionalmente directa através do número frutos ($r=-0,76$ e $r^2=0,571$) e de peso total de frutos ($r=-0,710$ e $r^2=0,501$). Este é um índice de vegetação que apresenta valores estatísticos que indicam haver uma estreita relação com as variáveis quantitativas da produção (número total e peso total de frutos).

O NDVI não é o melhor índice para explicar a produtividade. Raun et al. (2001) demonstrou que a produção estimada de trigo através do NDVI, era capaz de explicar em 83% a variabilidade encontrada. No entanto, estes valores, muitas vezes, não correspondiam à produtividade final. Esta capacidade é variável temporalmente e espacialmente (Inman et al., 2007 cit in Henik). Isto porque (Shanahan et al., 2001 cit in Henik), verificou que é no meio do ciclo vegetativo da cultura do milho que o NDVI mais se correlaciona com os valores da produtividade final. Segundo este autor, este período é o que apresenta maior potencial para estimar os valores de produtividade final. A contribuir para estas inconsistências da estimativa da produtividade podem estar a época em que foi efectuada a amostragem, variação híbrida (hibridização), alterações ambientais (sazonais), diferenças espaciais e fertilização azotada (Shanahan et al., 2001; Inman et al., 2007 cit in Henik).

O SGB é o melhor índice de vegetação para explicar os calibres mais elevados, tanto em número de frutos como em diâmetro de fruto.

Qualidade do fruto

O PPR, o NDRBI, o NDGRI e o BPER, são índices da banda do visível e têm uma alta correlação com as características qualitativas do fruto. O NDRBI é o que apresenta maior coeficiente de correlação com a tonalidade ($r=-0,83$), o NDGRI, com o L ($r=-0,54$) e o BPER com a firmeza ($r=0,58$). Relativamente à acidez titulável, o índice de vegetação geométrico AREA, é o que apresenta maior coeficiente de correlação ($r=0,61$). Podem ser considerados para identificar a qualidade da produtividade no sentido de se poder segmentar a colheita para que esta seja iniciada naquelas zonas da parcela onde o índice de maturação seja o mais indicado para o mercado interno ou, em

alternativa identificar zonas de árvores com uma carga cujo índice de maturação seja direccionado para o mercado externo.

No caso particular, está identificada na parcela uma zona onde se verifica presença de clorose férrica. De facto, a classificação do solo dessa zona é do tipo “**cbc**”, que, sendo calcários, apresentam um pH mais alto, situação que indisponibiliza o ferro no solo, precipitando-o. Esta situação conduz a que as plantas nessa zona não tenham ferro disponível no solo, levando a uma carência nutricional para este micronutriente. Esta situação é perfeitamente identificável no mapa de PPR.

Potencial hídrico

Os parâmetros do potencial hídrico apresentam valores de correlação com os índices de vegetação considerados fracos segundo Franzblau, (1958). Ainda assim, são os índices da banda do visível que apresentam maior coeficiente de correlação com este parâmetro. Isto significa que o pomar se encontra em conforto hídrico. Caso isto não acontecesse, os índices de vegetação com a banda do infravermelho, iriam apresentar uma alta correlação com o potencial hídrico, o que não acontece no presente caso. O DVI apresenta uma correlação moderada ($cv=0,40$) com o potencial hídrico de base de 21 de Agosto mas uma regressão linear fraca ($r^2=0,158$).

5. Conclusões

O pomar cedido para o presente estudo, tem uma gestão equilibrada, pois o conforto hídrico e nutricional, assim como a sanidade são mantidos intensamente para que as plantas tenham as condições óptimas para que a produtividade e qualidade dos frutos sejam as melhores. Ainda assim, pode-se observar que é possível encontrar variabilidade espacial a nível, essencialmente do vigor vegetativo e produtivo. Esta variabilidade permite concluir que é possível aumentar a produtividade, tomando as medidas correctas para tal. Estas medidas podem ser a nível nutricional, pois verificou-se que a nível hídrico (potencial hídrico de base) a variabilidade espacial é baixa. Também utilizando a variabilidade espacial, se pode segmentar a colheita como, aliás já se pratica em viticultura (Serenó, 2009).

Estas estratégias necessitam de uma ferramenta que permita conhecer a variabilidade espacial dos parâmetros da produtividade quantitativa das culturas. Assim, esta tese, tentou-se mostrar a utilidade, ou pelo menos, as potencialidades da agricultura de precisão, numa óptica de diagnóstico, para poder ser mais uma ferramenta no processo de decisão do produtor na gestão agrícola do pomar. Não se trata de eliminar a avaliação no terreno mas sim de complementá-la. Dada a natureza exploratória deste estudo, torna-se evidente que mais investigação nesta matéria é necessária, particularmente no que diz respeito à extrapolação dos resultados para outros pomares da mesma espécie ou de espécies diferentes.

Segundo Coelho et al., (2009), a adopção da Agricultura de Precisão em Portugal não é maior, porque as tecnologias associadas à Agricultura de Precisão são, quase sempre, complexas e caras. Só fará sentido recorrer à Agricultura de Precisão se os benefícios económicos daí decorrentes, forem superiores ao investimento necessário à sua adopção. Assim, existe ainda um longo caminho a percorrer pelas tecnologias de informação associadas, especialmente no que se refere à sua facilidade de uso e de integração no negócio. Na hipótese de que os investimentos sejam rentáveis, é necessário que existam pessoas (agricultores e/ou técnicos) com conhecimentos suficientes para ajustar, desenvolver e utilizar estas tecnologias. Os equipamentos de alta tecnologia tendem a diminuir de preço e o nível educacional dos agricultores tem vindo a aumentar, existindo hoje cada vez mais estruturas de apoio técnico na agricultura apresentando-se, o futuro, mais favorável.

Bibliografia

Alpalhão,A.; Neto,C.; Goulão,L.; Clemente,J.; Henriques,J.; Lourenço,I.; Oliveira,C. (2006). Efeito do 1-metilciclopropeno em pêra 'Rocha' em diferentes estados de maturação armazenadas em atmosfera normal. I Simpósio Nacional de Fruticultura. Alcobça, 12 e 13 de Outubro de 2006

Améglio, T.; Archer, P.; Cohen, M.; Valancogne, C.; Daudet, F.A.; Dayau, S. Cruiziat, P. (1999). Significance and limits in the use of predawn leaf water potential for tree irrigation. *Plant and Soil* 207:155-167

ANP, Associação Nacional de Produtores de Pera Rocha (2012). Pêra Rocha do Oeste. Disponível em <http://www.perarocha.pt/>. Consulta efetuada em 5 de setembro de 2013.

Avelar, M. L. (2001). Principais aspectos associados à conservação frigorífica da pêra 'Rocha'. *Agroforum*, 15: 36-39.

Azevedo, J. (2006). Optimização da gestão da rega deficitária em pereira 'Rocha' com recurso a indicadores de teor de água no solo e a parâmetros fisiológicos. Tese de Mestrado. Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa. 84pp

Azevedo, J. (2007). A gestão da rega na pereira 'Rocha'. *In: Pêra Rocha – Guia Técnico*. ANP. Cadaval

Braga, R. (2009). Viticultura de Precisão. Inovação e tecnologia na formação agrícola. AJAP. 84pp. Disponível em http://agrinov.ajap.pt/manuais/Manual_Viticultura_de_Precisao.pdf

Braga, R.; Pinto, P.A. (2011). Agricultura de precisão. Adopção e principais obstáculos. *Revista Agrotec* nº1 Dezembro

Caetano, M. Mestrado e Pós-Graduação em Ciência e Sistemas de Informação Geográfica. Disciplina de Detecção Remota. ISEGI Universidade Nova de Lisboa

Câmara Municipal de Torres Vedras (2006). Plano Diretor Municipal. Estudos de caracterização do território municipal. Vol II. Documentos complementares.

Coelho J.C.; Silva R.M. (2009). Agricultura de Precisão. Inovação e tecnologia na formação agrícola. AJAP. 125pp.

Disponível em http://agrinov.ajap.pt/manuais/Manual_Agricultura_de_Precisao.pdf

Conceição, N. (2007). Balanço energético e coeficientes culturais em *Pyrus communis* L. cv. 'Rocha'. Dissertação para obtenção do grau de mestre. Universidade Técnica de Lisboa. Instituto Superior de Agromomia. Lisboa

Dobermann, A.; Blackmore, S.; Cook, S.; Adamchuk, V. (2004). Precision Farming: Challenges and Future Directions. Proceedings of the 4th International Crop Science Congress, 26 Sep – 1 Oct , Brisbane, Austrália

Doerge, T. (1998). Defining management zones for precision farming. *Crop Insights*, **8**: 21.

Esser, A. (2002). Viticultura de Precisión: Fundamentos, aplicaciones y oportunidades en Chile. Pontificia Universidad Católica de Chile.; 1-10.

Ferguson, R.B. Lark, R.M. Slater, G.P. (2003). Approaches to Management Zone Definition for Use of Nitrification Inhibitors. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 67:937–947

Franzblau, A. (1958). A primer of statistics for non-statisticians. Oxford, England: Harcourt, Brace, Cap. 7

GPP (2007). Pêra: Diagnóstico sectorial. Ministério da Agricultura do Desenvolvimento Rural e das Pescas. Lisboa, Portugal.

Hall, A. Lamb, D.W. Holzapfel, B. Louis, J. (2002). Optical remote sensing applications in viticulture – a review. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 8:36-47.

Hatfield J.L., Gitelson A.A. Schepers J.S. (2008). Application of spectral remote sensing for agronomic decisions. *Agronomy J. Supplement*:117-131

Henik, J. (2012). Utilizing NDVI and remote sensing data to identify spatial variability in plant stress as influenced by management. Tese de graduação para grau de mestrado. Iowa State University.

Holme, A.McR., Burnside, D.G. and Mitchell, A.A. (1987). The development of a system for monitoring trend in range condition in the arid shrublands of Western Australia. *Australian Rangeland Journal* 9:14-20.

Inman D. Khosla R. Reich R.M. Westfall D.G. (2007). Active remote sensing and grain yield in irrigated corn. *Precision Agriculture*. 2007. 8:241-252.

Henriques, C. (2009). Desenvolvimento de Polpa de Pêra Rocha – Estabilização química e estudo na componente bioactiva. Dissertação de Mestrado em Engenharia Alimentar, Ramo de Qualidade e Segurança Alimentar. Instituto Superior de Agronomia – Universidade Técnica de Lisboa, 90 pp.

Huete, A. R. (1988). A soil-adjusted vegetation index (SAVI). *Remote Sensing of Environment*, 25, 295–309.

Johnson, L. Bosch, D. Armstrong, R. Lobitz, B. Baldy, R. Weber, E. Debenedict, S. (1996). Airbone imaging for vineyard canopy evaluation. *California Agriculture*, special issue on Phylloxera. **50** :14-18.

Katerji, N. (1997). Les indicateurs de l'état hydrique de la plante. In: Riou, C., Bonhomme, R., Chassin, P., Neveu, A. & Papy, F. (ed.), *L'Eau dans l'Espace Rural*, INRA, Paris, p. 169-177.

Kitchen, N.R. Sudduth, K.A. Myers, D.B. Drummond, S.T. Hong, S.Y. (2005). Delineating productivity zones on claypan soil fields using apparent soil electrical conductivity. *Comp. Electron. Agric.* 46, 285-308

LQARS (2006). Manual de fertilização das culturas. INIAP/LQARS. Lisboa.

Madeira, M. C.; Avelar, J. S. H. (1988). Polinização cruzada na pereira «Rocha». *Agronomia Lusitana*, Vol. 43, Nº 1-4. EAN, Oeiras.

MAMAOT/DGADR (2012). Normas técnicas para a produção integrada de pomóideas. Vol II. Ministério da Agricultura, do Mar, do Ambiente e do Ordenamento de Território. Direção-Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural. Lisboa

McGuire, R.G. (1992). Reporting of objective colour measurements. *HortScience*, Alexandria, v.27,p. 1254-1255.

Metternicht, G.; Hageman, E.; Honey, F.; Beeston, G. (2001). Mapping Variations in Crop Conditions Using Airborne Videography. International Cartography Association.

Moreira, M.A. (2003). Fundamentos do deteção remota e metodologias de aplicação. 2.ed. Viçosa - MG: UFV. 307 pp.

Moriya, Y.; Takai, T.; Okada, K.; Ito, D., Shiozaki, Y.; Nakanishi, T.; Takasaki, T. (2005). Parthenocarpy and self and cross-incompatibility in ten European pear cultivars. *J. Jpn. Soc. Hortic. Sci* 74.

NOAA, (2002). National Oceanic and Atmospheric Administration, Coastal Services Center. <http://www.csc.noaa.gov>. data de consulta: 18.09.2013

Novo, E. (1998). Sensoriamento Remoto princípios e aplicações. 2. ed. São Paulo: Ed. Edgard Blücher.

Paço, M (2003). Modelação da Evapotranspiração em Cobertos Descontínuos. Programação da Rega em Pomar de Pessegueiro. Tese conducente ao grau de Doutoramento em Engenharia Agronómica. Instituto Superior de Agronomia. Universidade Técnica de Lisboa.

Parente, F. (2004). A qualidade da água de rega nos pomares na região Oeste. COTHN- Centro Operativo e Tecnológico Hortofrutícola Nacional, Alcobaça. 57pp.

Perry, E.; Dezzani, R.; Seavert, C.; Pierce, F.. (2010). Spatial variation in tree characteristics and yield in a pear orchard. Precision Agric (2010) 11:42–60. Springer Science and Business Media.

Pinter Jr. P.J. Hatfield J.L. Schepers J.S. Barnes E.M. Moran M.S. Daughtry C.S.T. Upchurch D.R. (2003). Remote sensing for crop management. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. 69:647-664.

PTQC, Produtos Tradicionais de Qualidade na Região Centro (2008). Pêra rocha do oeste – DOP. Disponível em http://ptqc.drapc.min-agricultura.pt/documentos/pera_rocha_oeste.htm. Consulta efectuada em 3 de Setembro 2013

Raun W.R., Soli J.B. Johnson G.V. Stone M.L. Lukina E.V. Thomason W.E. Schepers J.S. (2001). In-season prediction of potential grain yield in winter wheat using canopy reflectance. Agronomy J. 93:131-138.

Rodrigues, A. C. (2005). Pêra Rocha – Colheita e conservação. Cadernos Rurais, n.º 5. Fevereiro 2005. AVAPI. Alcobaça.

Rouse, J.W.; R.H. Haas; J.A. Schell; Deering D. W. (1973). Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS, Third ERTS Symposium, NASA SP-351, 1:309–317.

Santos, A. (s/d) Importância e métodos físicos de avaliação da qualidade da matéria prima. Laboratório de Tecnologia e Pós-Colheita. Universidade de Évora. Disponível em http://www.isa.utl.pt/files/pub/ensino/formacao/TPC_Comunicacoes/Dia01/08_Metodos_fisicos_Cristina_Santos.pdf. Consulta efectuada em 10 de Fevereiro de 2014

Sereno, P. (2009). Viticultura de precisão: utilização da detecção remota no estudo da variabilidade espacial do vigor, produção e aualidade das castas ‘Syrah’ e ‘Turiga Franca’. Dissertação apresentada no Instituto Superior de Agronomia para obtenção do grau de Mestre. Mestrado em Viticultura. Universidade Técnica de Lisboa. Universidade do Porto

Shanahan J.F. Schepers J.S. Francis D.D. Varvel G.E. Wilhelm W., Tringe J.M. Schlemmer M.R. Major D.J. (2001). Use of remote-sensing imagery to estimate corn grain yield. *Agronomy J.* 93:583-589.

Shewfelt, R.L. and S.E. Prússia. (1993). Post-harvest handling: A systems approach. San Diego, CA: Academic Press, 358 pp.

Soares, J.; Silva, A.; Alexandre, J. (2001). O livro da pêra “Rocha”: contributo para uma produção integrada (1ª edição). Associação Nacional de Produtores de Pêra ‘Rocha’. Cadaval, 184 pp

Sousa R.M. (2012). Manejo de Produção de Pêra Rocha. III Reunião Técnica da Cultura da Pereira. Alcobaça. Centro de Actividades da fruticultura (ex- Estação Nacional de Fruticultura Vieira Natividade).

Warren, G.; Metternicht, G. (2005). Agricultural Applications of High-Resolution Digital Multispectral Imagery: Evaluating Within-Field Spatial Variability of Canola (*Brassica napus*) in Western Australia

Tromp, J. (2005). Water relations. In: Fundamentals of temperate zone tree fruit production. (Tromp, J. ed.). Blackhuys Publishers, Leiden. 400pp

Wang, J., Rich, P.M., Price, K.P., (2003). Temporal responses of NDVI to precipitation and temperature in the central Great Plains, USA. *International Journal of Remote Sensing* 11, 2345–2364.

Wright, H., Nichols, D. and Embree, C. (2006). Evaluating the accountability of trunk size and canopy volume models for determining apple tree production potential across diverse management regimes. *Acta Hort.* 707: 237-243.

Vatsanidou, A. Fountas, S. Nanos, G. Gemtos, T. (2014). Variable Rate Application of Nitrogen Fertilizer in a commercial pear orchard. *Fork to Farm: the International Journal of the American Farm School of Thessaloniki* Vol 1, No., 2014.

Vehulst, N. Govaerts, B. Sayre, K.D. Deekers, J. François, I.M. Dendooven, L. (2008). Using NDVI and soil quality analysis to assess influence of agronomic management on within-plot spatial variability and factors limiting production. *Plant soil.* 317: 41-59

Zakaluk, R.; Sri Ranjan, R. (2008). Predicting the leaf water potential of potato plants using RGB reflectance. *Canadian Biosystems Engineering.* Vol. 50

Anexos

ANEXO 1

Resultados da análise de terra e água de rega

Boletim Analítico Final

Relatório N.º: 2021/11

Data da emissão: 2011/04/29

Página N.º 1 de 2

1) Identificação da Entidade Requisitante

Nome APAS - Associação dos Produtos Agrícolas da Sobrena

Morada Estrada Municipal 612, Km 4

Código Postal 2550-458 Peral

Telefone 262699040 **NIF** 502316993

Requisitante Irmãos Rodrigues

Período dos ensaios 11/04/2011 a 28/04/2011

Análise de Terra

2) Identificação da Amostra

Propriedade

Cultura Pereira

Parcela Novos

Freguesia Runa

Concelho Torres Vedras

Ref. amostra Amostra n.º 93








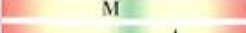





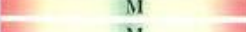
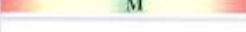
Data colheita 16/03/2011

Data de Recepção 31/03/2011

Requisição n.º 11So1849

Profund. (cm) 0-50

3) Resultados das análises efectuadas

Parâmetro ⁽¹⁾	Resultado	Unidades	Classificação ⁽²⁾
ANÁLISE SUMÁRIA:			
Textura	Média	----	
pH (H ₂ O)	7,9	----	Pouco alcalino
pH (KCl)	6,2	----	
Matéria orgânica	1,71	%	 B
Fósforo extraível	127	ppm P ₂ O ₅	 A
Potássio extraível	483	ppm K ₂ O	 MA
Necessidade em cal	0,0	CaCO ₃ ton / ha	
Condutividade eléctrica	0,088	mS/cm (25°C)	Solos sem efeitos salinos
Cálcio extraível	6525	ppm Ca	
Magnésio extraível	662	ppm Mg	 MA
COMPLEXO DE TROCA:			
Cálcio (Ca ⁺⁺)	27,19	cmol(+).kg ⁻¹	 MA
Magnésio (Mg ⁺⁺)	5,43	cmol(+).kg ⁻¹	 MA
Potássio (K ⁺)	0,38	cmol(+).kg ⁻¹	 M
Sódio (Na ⁺)	0,26	cmol(+).kg ⁻¹	 M
Capacidade troca catiónica	33,26	cmol(+).kg ⁻¹	 A
Acidez de troca	0,0	cmol(+).kg ⁻¹	
Soma das bases de troca	33,26	cmol(+).kg ⁻¹	
Porcentagem de saturação	Saturado	%	
MICRONUTRIENTES:			
Ferro extraível	114	ppm Fe	 MA
Cobre extraível	17,0	ppm Cu	 MA
Manganês extraível	174	ppm Mn	 MA
Zinco extraível	3,0	ppm Zn	 M
Boro solúvel em água	0,94	ppm B	 M
OUTRAS:			
Cloretos	1,66	mg. Kg ⁻¹	

LEGENDA: ⁽¹⁾ - Determinações efectuadas no material inferior a 2 mm.

⁽²⁾ - De acordo com o *Manual De Fertilização Das Culturas - LQARS / INIA*
MB- Muito Baixo; B- Baixo; M- Médio; A- Alto e MA- Muito Alto

Boletim Analítico Final

Boletim N.º: 2102/13

Data da emissão: 2013/05/24

Página N.º 1 de 2

1) Identificação da Entidade Requisitante

Água de Rega

Nome: Assoc dos Produtores Agrícolas da Sobrena

Morada: Estrada municipal N.º 612 Km 4

Código Postal: 2550 - 458 Peral CDV

Telefone: 262699040

NIF: 502316993

Requisitante: Irmãos Rodrigues

2) Identificação da Amostra

Ref.: AR142

Freguesia: Runa

Concelho: Torres Vedras

L. Colheita: Furo - Runa

Colhida por: Próprio

Data de colheita: 07-05-2013

Tipo de captação: Furo

Sistema de Rega: Gota-Gota

Requisição n.º: 13Ar 13

Registado no laboratório em: 13-05-2013

Período de ensaios: 13/05/2013 a 22/05/2013

3) Resultados das análises efectuadas

Parâmetro	Resultado	Unidades	Classificação ⁽¹⁾	VMR	VMA
Condutividade eléctrica	0,64	mS/cm (25°C)	G1	1	---
pH	7,3	escala	G1	6,5-8,4	4,5-9,0
Sólidos em Suspensão	1,2	mg / L	G1	60	---
ANIÕES (-):					
Cloreto (Cl ⁻)	88,8	mg / L	G2	70	---
Sulfatos (SO ₄ ²⁻)	151,4	mg / L	G1	575	---
Carbonato (CO ₃ ²⁻)	---	mg / L		---	---
Bicarbonato (CO ₃ H)	115,9	mg / L	G2	---	---
Nitratos (NO ₃ ⁻)	47,2	mg / L	G2	50	---
Fósforo	---	mg / L		---	---
CATIÕES (+):					
Cálcio (Ca ²⁺)	65,7	mg / L	G1	---	---
Magnésio (Mg ²⁺)	16,7	mg / L	G1	---	---
Sódio (Na ⁺)	29,6	mg / L	G1	---	---
Potássio (K ⁺)	---	mg / L		---	---
Amónio (NH ₄ ⁺)	---	mg / L		---	---
MICROELEMENTOS:					
Boro (B)	0,06	mg / L	G1	0,30	3,75
Ferro (Fe)	0,01	mg / L	G1	5,0	---
Manganês (Mn)	0,01	mg / L	G1	0,20	10,0





Boletim Analítico Final

Boletim N.º: 2102/13

Data da emissão: 2013/05/24

Página Nº 2 de 2

3) Resultados das análises efectuadas (cont)

	Resultado	Unidades	Classificação	VMR	VMA
ÍNDICES SECUNDÁRIOS:					
Razão de Absorção de Sódio	0,84		Não Alcalinizante	8	---
SAR Ajustado	1,35		Não Alcalinizante	--	---
Carbonato de Sódio Residual	-2,75	meq / L	Recomendável	---	---
Dureza	232,8	mg / L Ca CO ₃	Medianamente Dura	---	---
Índice de Saturação	-0,32		Infrasaturada	---	---
Coefficiente Alcalimétrico	0,82		Fraca Qualidade	---	---
Relação Cálcio/Magnésio	3,93		Calcificante	---	---
Relação Cálcio/Sódio	2,22		Calcificante	---	---
RISCOS DE OBSTRUÇÕES:					
pH	7,3		 G1	6,5-8,4	4,5-9,0
STD	406,4	g / L	 G1	640	---
Índice de Langelier	-0,34		Tendência Corrosiva	---	---
Ferro	0,01	mg / L	 G1	5,0	---
Manganês	0,01	mg / L	 G1	0,20	10,0

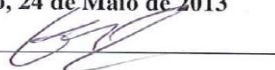
LEGENDA: ⁽¹⁾ - De acordo com o *Manual De Fertilização Das Culturas - LQARS / INIA*

RAS- Razão de adsorção de sódio corrigida

VMR- Valor máximo recomendado; **VMA-** Valor máximo admissível (segundo o Decreto-Lei 236/1998 de 1 de Agosto)

G1- Grupo 1 (sem restrições); **G2-** Grupo 2 (restrições ligeiras a moderadas); **G3-** Grupo 3 (com restrições severas)

Porto, 24 de Maio de 2013



ANEXO 2

Resultados dos ND dos Índices de Vegetação

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
AREA	2,99	2,86	2,78	3,25	3,94	3,49	2,72	3,20	2,53	3,11	1,57	3,11
PERIMETRO	7,23	7,09	7,04	8,62	8,27	8,90	6,98	8,15	6,82	7,97	8,36	8,56
NDVI	0,51	0,47	0,58	0,46	0,50	0,45	0,57	0,37	0,50	0,38	0,39	0,28
SAVI	0,76	0,71	0,86	0,69	0,75	0,68	0,85	0,55	0,75	0,58	0,59	0,41
PCD	3,09	2,79	3,82	2,73	3,02	2,67	3,66	2,16	3,05	2,26	2,29	1,77
PVR	1,33	1,22	1,27	1,18	1,19	1,19	1,29	1,22	1,41	1,16	1,01	1,14
PPR	1,16	1,41	1,25	1,19	1,24	1,25	1,53	1,40	1,51	1,56	1,62	1,03
IPVI	0,75	0,74	0,79	0,73	0,75	0,73	0,79	0,68	0,75	0,69	0,70	0,64
DVI	101,00	133,00	89,00	125,75	134,50	112,75	143,50	98,50	96,50	114,00	117,75	51,50
SGB	8,75	26,25	8,00	14,25	15,50	16,00	24,25	29,50	22,25	38,00	34,75	2,25
RB	0,87	1,16	0,99	1,01	1,04	1,05	1,19	1,15	1,07	1,35	1,61	0,90
NDGRI	0,14	0,10	0,12	0,08	0,09	0,09	0,13	0,10	0,17	0,07	0,00	0,07
NDGBI	0,07	0,17	0,11	0,09	0,11	0,11	0,21	0,17	0,20	0,22	0,24	0,01
NDRBI	0,07	0,17	0,11	0,09	0,11	0,11	0,21	0,17	0,20	0,22	0,24	0,01
I	170,75	228,50	106,50	233,75	210,25	213,25	169,50	263,75	158,75	267,75	240,00	219,00
HUE	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
S	55,51	63,16	32,07	71,82	63,09	63,84	44,69	73,65	43,66	67,98	56,29	73,73
RPER	0,29	0,33	0,31	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,30	0,35	0,38	0,31
GPER	0,38	0,40	0,39	0,37	0,38	0,38	0,41	0,39	0,42	0,40	0,38	0,35
BPER	0,33	0,28	0,31	0,31	0,30	0,30	0,27	0,28	0,28	0,26	0,24	0,34

ANEXO 3

Resultados relativos à caracterização do aparelho fotossintético

Árvore	Diâmetro transversal (cm)	Diâmetro longitudinal (cm)	Diâmetro médio tronco (cm)	Altura da base da copa (m)	Altura máxima da copa (m)	Altura média (m)	Largura perpendicular da copa Lpp (m)	Largura paralela da copa Lpl (m)	Largura média da copa (m)	AST tronco (cm ²)	Volume copa (m ³)	Rácio altura/largura
1	15,40	14,90	15,15	0,42	4,30	2,36	2,21	1,84	2,03	2,38	4,13	1,92
2	16,50	16,50	16,50	0,55	4,03	2,29	1,93	1,84	1,89	2,59	3,23	1,85
3	17,30	16,20	16,75	0,33	4,57	2,45	2,60	2,05	2,33	2,63	5,91	1,82
4	13,70	13,30	13,50	0,72	3,67	2,20	1,99	1,65	1,82	2,12	2,53	1,62
5	13,60	14,00	13,80	0,39	3,70	2,05	2,00	1,55	1,78	2,17	2,68	1,86
6	14,50	13,80	14,15	0,56	4,02	2,29	2,07	1,79	1,93	2,22	3,35	1,79
7	15,20	14,40	14,80	0,67	4,03	2,35	1,82	1,52	1,67	2,32	2,43	2,01
8	13,80	14,20	14,00	0,51	3,40	1,96	2,17	1,58	1,88	2,20	2,59	1,54
9	15,80	17,20	16,50	0,42	3,87	2,15	2,63	2,18	2,41	2,59	5,18	1,44
10	15,70	14,60	15,15	0,55	3,89	2,22	2,00	1,87	1,94	2,38	3,27	1,73
11	14,30	15,10	14,70	0,68	3,69	2,19	1,79	1,52	1,66	2,31	2,14	1,82
12	14,00	13,50	13,75	0,44	3,27	1,86	1,70	1,84	1,77	2,16	2,32	1,60

ANEXO 4

Valores do ψ_{base} (MPa)

Árvore	ψ_{base} 1 de Agosto	ψ_{base} 8 de Agosto	ψ_{base} 15 de Agosto	ψ_{base} 21 de Agosto
1	$-0,90 \pm 0,27$	$-0,53 \pm 0,15$	$-0,40 \pm 0,10$	$-0,53 \pm 0,13$
2	$-0,90 \pm 0,24$	$-0,44 \pm 0,41$	$-0,30 \pm 0,05$	$-0,40 \pm 0,07$
3	$-0,48 \pm 0,06$	$-0,48 \pm 0,23$	$-0,34 \pm 0,06$	$-0,33 \pm 0,10$
4	$-0,65 \pm 0,07$	$-0,64 \pm 0,24$	$-0,49 \pm 0,15$	$-0,52 \pm 0,10$
5	$-0,56 \pm 0,17$	$-0,44 \pm 0,06$	$-0,49 \pm 0,04$	$-0,46 \pm 0,07$
6	$-0,69 \pm 0,16$	$-0,48 \pm 0,09$	$-0,38 \pm 0,06$	$-0,43 \pm 0,06$
7	$-0,55 \pm 0,12$	$-0,62 \pm 0,16$	$-0,43 \pm 0,11$	$-0,53 \pm 0,12$
8	$-0,55 \pm 0,07$	$-0,54 \pm 0,12$	$-0,50 \pm 0,09$	$-0,45 \pm 0,08$
9	$-0,53 \pm 0,13$	$-0,65 \pm 0,11$	$-0,52 \pm 0,26$	$-0,52 \pm 0,15$
10	$-0,56 \pm 0,09$	$-0,71 \pm 0,06$	$-0,48 \pm 0,12$	$-0,43 \pm 0,07$
11	$-0,58 \pm 0,10$	$-0,54 \pm 0,20$	$-0,38 \pm 0,05$	$-0,57 \pm 0,14$
12	$-0,53 \pm 0,10$	$-0,54 \pm 0,09$	$-0,45 \pm 0,05$	$-0,40 \pm 0,05$

ANEXO 5

Resultados das análises de qualidade dos frutos

Árvore	Acidez titulável (g/L)	TSS (°Brix)	L	Tonal	Firmeza
1	1,59 ± 0,06	9,98 ± 0,13	64,52 ± 2,84	109,92 ± 2,52	7,44 ± 0,61
2	1,71 ± 0,14	9,70 ± 0,34	63,39 ± 2,72	109,37 ± 3,64	7,34 ± 0,44
3	1,54 ± 0,12	9,73 ± 0,10	62,91 ± 2,17	109,71 ± 3,06	7,05 ± 0,47
4	1,57 ± 0,09	10,63 ± 0,30	62,24 ± 3,13	108,48 ± 3,80	7,63 ± 0,64
5	1,51 ± 0,16	11,05 ± 0,26	64,76 ± 2,47	108,90 ± 2,94	6,93 ± 0,54
6	1,51 ± 0,04	10,53 ± 0,15	65,61 ± 2,16	111,08 ± 2,45	6,28 ± 0,52
7	1,52 ± 0,15	10,05 ± 0,17	63,76 ± 2,52	108,35 ± 3,03	6,70 ± 0,57
8	1,68 ± 0,13	10,48 ± 0,26	64,05 ± 2,16	108,50 ± 3,09	6,76 ± 0,46
9	1,44 ± 0,04	9,53 ± 0,19	64,36 ± 2,54	107,90 ± 3,92	6,62 ± 0,57
10	1,68 ± 0,21	10,70 ± 0,14	63,90 ± 3,04	107,69 ± 4,67	6,67 ± 0,70
11	1,17 ± 0,04	10,20 ± 0,14	67,56 ± 2,17	106,92 ± 4,02	6,42 ± 0,61
12	1,76 ± 0,08	9,70 ± 0,22	65,63 ± 2,32	111,72 ± 1,31	7,12 ± 0,55

ANEXO 6

Número de frutos totais e peso em valor absoluto por árvore amostra/calibre

Árvore	Nfrutos		Nfrutos		Nfrutos		Nfrutos		Nfrutos		Nfrutos	
	peso (Kg)	peso (Kg)	peso (Kg)	peso (Kg)	peso (Kg)	peso (Kg)	peso (Kg)	peso (Kg)	peso (Kg)	peso (Kg)	peso (Kg)	peso (Kg)
	<55 mm	55 mm /60 mm	60 mm /65 mm	65 mm /70 mm	70 mm /75 mm	> 75 mm						
1	92	9,00	40	5,39	10	1,60	6	1,07				
2	325	27,83	73	8,76	8	1,21	1	0,16				
3	428	35,60	70	9,02	10	1,78	6	1,03				
4	233	21,33	63	8,20	12	1,87	11	3,50	2	0,49	1	0,26
5	159	16,12	93	12,54	17	2,61	9	1,64	1	0,25		
6	130	12,84	66	6,76	31	5,38	7	1,35				
7	191	16,92	64	7,82	13	2,18	6	1,03				
8	102	10,55	75	8,92	47	7,29	1	0,18	31	5,98	1	0,30
9	108	10,65	70	9,16	22	3,55	6	1,03				
10	187	17,02	44	5,71	7	1,08						
11	181	17,25	91	12,10	18	2,88	3	0,53				
12	160	15,31	57	7,43	10	1,53	7	1,24				

Número de frutos totais e peso em percentagem por árvore e por calibre

Árvore	Nfrutos		Nfrutos		Nfrutos		Nfrutos		Nfrutos		Nfrutos	
	peso (Kg)	peso (Kg)	peso (Kg)	peso (Kg)	peso (Kg)	peso (Kg)	peso (Kg)	peso (Kg)	peso (Kg)	peso (Kg)	peso (Kg)	peso (Kg)
	<55 mm	55 mm /60 mm	60 mm /65 mm	65 mm /70 mm	70 mm /75 mm	> 75 mm						
1	72,36	59,83	19,57	22,99	3,73	5,25	3,42	9,82	0,62	1,37	0,31	72,36
2	62,16	52,79	27,03	31,61	6,76	9,35	4,05	6,25	0,00	0,00	0,00	62,16
3	56,99	48,62	33,33	37,82	6,09	7,86	3,23	4,95	0,36	0,75	0,00	56,99
4	78,57	71,50	18,49	23,99	2,94	4,52	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	78,57
5	55,56	48,76	28,21	25,68	13,25	20,44	2,99	5,13	0,00	0,00	0,00	55,56
6	61,77	52,66	31,06	36,94	6,14	8,79	1,02	1,60	0,00	0,00	0,00	61,77
7	79,85	73,33	17,94	23,07	1,97	3,18	0,25	0,42	0,00	0,00	0,00	79,85
8	69,71	60,55	23,36	27,98	4,74	7,78	2,19	3,69	0,00	0,00	0,00	69,71
9	83,27	75,06	13,62	19,02	1,95	3,75	1,17	2,16	0,00	0,00	0,00	83,27
10	39,69	31,78	29,18	26,86	18,29	21,95	0,39	0,53	12,06	18,00	0,39	39,69
11	52,43	43,68	33,98	37,57	10,68	14,54	2,91	4,20	0,00	0,00	0,00	52,43
12	68,38	60,04	24,36	29,14	4,27	5,98	2,99	4,84	0,00	0,00	0,00	68,38

ANEXO 7

Indicadores de produtividade por árvore amostra

Árvore	NFrutos total	Peso total (Kg)	Peso médio fruto (g)	Produtividade (Kg/ha)	Rácio kg/volume
1	322	35,64	110,68	59400,00	8,63
2	148	17,05	115,20	28416,67	5,27
3	279	33,16	118,84	55258,33	5,61
4	238	23,81	100,02	39675,00	9,39
5	234	26,33	112,50	43875,00	9,80
6	293	32,76	111,79	54591,67	9,76
7	407	37,95	93,23	63241,67	15,60
8	274	27,95	101,99	46575,00	10,78
9	514	47,42	92,26	79033,33	9,15
10	257	33,20	129,16	55325,00	10,16
11	206	24,38	118,35	40633,33	11,38
12	234	25,50	108,97	42500,00	11,01

ANEXO 8

Análise do Coeficiente de Correlação

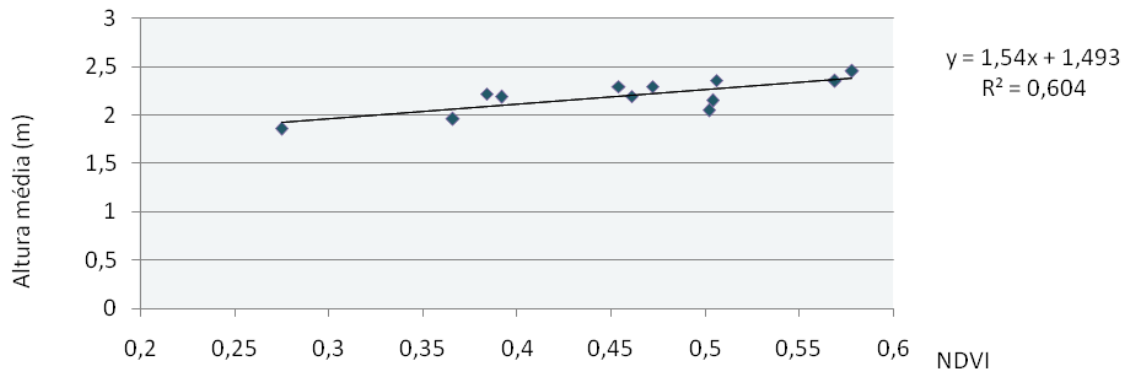
	AREA	PERIMETRO	NDVI	SAVI	PCD	PVR	PPR	IPVI	DVI	SGB	RB	NDGRI	NDGBI	NDRBI	I	HUE	S	RPER	GPER	BPER
AREA	1,00																			
PERIMETRO	0,32	1,00																		
NDVI	0,01	-0,64	1,00																	
SAVI	0,01	-0,64	1,00	1,00																
PCD	-0,01	-0,67	0,98	0,98	1,00															
PVR	0,19	-0,72	0,59	0,59	0,60	1,00														
PPR	-0,58	-0,32	0,13	0,13	0,07	-0,09	1,00													
IPVI	0,01	-0,64	1,00	1,00	0,98	0,59	0,13	1,00												
DVI	0,04	-0,12	0,52	0,52	0,40	-0,05	0,49	0,52	1,00											
SGB	-0,39	-0,05	-0,14	-0,13	-0,22	-0,29	0,91	-0,14	0,50	1,00										
RB	-0,62	0,10	-0,19	-0,19	-0,24	-0,59	0,85	-0,19	0,41	0,87	1,00									
NDGRI	0,24	-0,70	0,59	0,59	0,60	1,00	-0,13	0,59	-0,04	-0,31	-0,62	1,00								
NDGBI	-0,55	-0,33	0,17	0,17	0,11	-0,06	1,00	0,17	0,53	0,91	0,83	-0,09	1,00							
NDRBI	-0,55	-0,33	0,17	0,17	0,11	-0,06	1,00	0,17	0,53	0,91	0,83	-0,09	1,00	1,00						
I	0,13	0,64	-0,74	-0,74	-0,82	-0,64	0,20	-0,74	0,15	0,56	0,46	-0,62	0,19	0,19	1,00					
HUE	-0,67	-0,62	0,48	0,48	0,49	0,19	0,81	0,48	0,32	0,56	0,57	0,15	0,82	0,82	-0,33	1,00				
S	0,42	0,74	-0,78	-0,78	-0,84	-0,50	-0,27	-0,78	-0,08	0,11	0,01	-0,47	-0,28	-0,28	0,88	-0,71	1,00			
RPER	-0,50	0,35	-0,35	-0,35	-0,40	-0,81	0,66	-0,35	0,33	0,75	0,95	-0,83	0,63	0,63	0,58	0,34	0,20	1,00		
GPER	-0,29	-0,70	0,51	0,51	0,46	0,56	0,76	0,51	0,43	0,58	0,32	0,54	0,79	0,79	-0,22	0,78	-0,51	0,02	1,00	
BPER	0,57	0,14	-0,02	-0,02	0,04	0,30	-0,97	-0,02	-0,51	-0,94	-0,94	0,33	-0,97	-0,97	-0,33	-0,74	0,14	-0,80	-0,61	1,00
Diâmetro médio tronco (cm)	-0,42	-0,84	0,50	0,50	0,52	0,49	0,35	0,50	-0,01	0,13	0,05	0,46	0,37	0,37	-0,56	0,65	-0,72	-0,15	0,59	-0,24
Altura da base da copa (m)	-0,31	0,33	-0,15	-0,14	-0,21	-0,47	0,41	-0,14	0,53	0,49	0,56	-0,47	0,40	0,40	0,51	0,12	0,32	0,59	0,06	-0,49
Altura máxima da copa (m)	-0,12	-0,61	0,80	0,80	0,81	0,46	0,06	0,80	0,23	-0,14	-0,16	0,45	0,09	0,09	-0,71	0,41	-0,76	-0,28	0,34	0,03
altura média	-0,23	-0,52	0,78	0,78	0,76	0,30	0,21	0,78	0,43	0,03	0,04	0,30	0,24	0,24	-0,55	0,47	-0,67	-0,08	0,38	-0,15
Largura copa	-0,03	-0,54	0,39	0,39	0,41	0,70	-0,05	0,39	-0,36	-0,23	-0,38	0,68	-0,03	-0,03	-0,61	0,31	-0,56	-0,54	0,39	0,19
AST tronco (cm2)	-0,42	-0,83	0,50	0,50	0,51	0,49	0,35	0,50	-0,01	0,13	0,05	0,46	0,37	0,37	-0,56	0,65	-0,72	-0,15	0,59	-0,23
Volume copa (m3)	-0,07	-0,62	0,55	0,55	0,58	0,67	-0,06	0,55	-0,27	-0,28	-0,37	0,65	-0,04	-0,04	-0,75	0,37	-0,72	-0,52	0,36	0,19
kg/volume	-0,11	0,22	-0,18	-0,17	-0,15	-0,16	0,28	-0,17	0,17	0,24	0,30	-0,17	0,25	0,25	0,23	0,05	0,13	0,27	0,12	-0,28
Rácio	-0,03	-0,21	0,50	0,50	0,50	-0,11	0,06	0,50	0,53	-0,01	0,12	-0,10	0,07	0,07	-0,24	0,11	-0,32	0,12	-0,01	-0,09
PH 1 de agosto	-0,08	0,14	-0,12	-0,12	-0,02	-0,13	0,18	-0,12	-0,28	0,06	0,19	-0,14	0,16	0,16	-0,12	0,30	-0,20	0,19	0,07	-0,19
PH 8 de agosto	0,23	0,07	0,14	0,14	0,14	-0,11	-0,42	0,14	0,00	-0,39	-0,26	-0,10	-0,39	-0,39	-0,20	-0,23	-0,04	-0,14	-0,39	0,34
PH 15 de agosto	-0,32	-0,23	0,26	0,26	0,28	-0,17	-0,02	0,26	0,10	-0,10	0,09	-0,17	-0,01	-0,01	-0,28	0,18	-0,33	0,14	-0,12	-0,02
PH 21 de agosto	0,40	-0,02	-0,07	-0,07	0,01	0,02	-0,38	-0,07	-0,40	-0,32	-0,36	0,05	-0,37	-0,37	-0,16	-0,18	-0,01	-0,25	-0,25	0,35
Nfrutos total	-0,12	-0,49	0,41	0,41	0,43	0,76	0,22	0,41	-0,07	-0,05	-0,20	0,73	0,22	0,22	-0,52	0,38	-0,54	-0,44	0,64	-0,03
Peso total	-0,11	-0,47	0,40	0,40	0,43	0,71	0,22	0,40	-0,14	-0,03	-0,17	0,68	0,22	0,22	-0,55	0,38	-0,58	-0,40	0,60	-0,04
peso medio fruto (g)	-0,01	0,22	-0,24	-0,24	-0,24	-0,54	0,03	-0,24	-0,07	0,19	0,31	-0,53	0,02	0,02	0,25	-0,09	0,13	0,43	-0,32	-0,15
Produtividade (Kg/há)	-0,11	-0,47	0,40	0,40	0,43	0,71	0,22	0,40	-0,14	-0,03	-0,17	0,68	0,22	0,22	-0,55	0,38	-0,58	-0,40	0,60	-0,04
nº frutos_55	0,00	-0,28	0,26	0,26	0,27	0,61	-0,21	0,26	-0,04	-0,37	-0,48	0,60	-0,21	-0,21	-0,34	-0,02	-0,14	-0,59	0,20	0,34
peso (Kg)_55	0,00	-0,27	0,26	0,26	0,28	0,58	-0,18	0,27	-0,02	-0,35	-0,45	0,58	-0,18	-0,18	-0,34	0,01	-0,15	-0,55	0,22	0,31
nº frutos_55_60	-0,09	0,35	-0,16	-0,16	-0,14	-0,66	0,07	-0,16	-0,01	0,16	0,41	-0,66	0,07	0,07	0,15	0,05	0,00	0,56	-0,35	-0,23
peso (Kg)_55_60	-0,24	0,32	-0,14	-0,14	-0,11	-0,60	0,00	-0,14	-0,11	0,04	0,32	-0,60	0,00	0,00	0,03	0,10	-0,07	0,47	-0,37	-0,15
nº frutos_60_65	0,13	0,43	-0,59	-0,59	-0,56	-0,63	0,01	-0,59	-0,20	0,20	0,32	-0,62	-0,02	-0,02	0,49	-0,30	0,42	0,47	-0,40	-0,13
peso (Kg)_60_65	0,16	0,34	-0,24	-0,24	-0,29	-0,55	0,29	-0,24	0,24	0,47	0,51	-0,55	0,29	0,29	0,47	-0,03	0,26	0,59	-0,09	-0,41
nº frutos_65_70	-0,12	-0,12	-0,10	-0,10	-0,07	-0,16	-0,29	-0,10	-0,27	-0,28	-0,12	-0,17	-0,29	-0,29	-0,14	-0,13	-0,05	-0,03	-0,37	0,24
peso (Kg)_65_70	0,01	-0,21	-0,01	-0,01	0,00	0,11	-0,42	-0,01	-0,32	-0,38	-0,34	0,11	-0,41	-0,41	-0,21	-0,27	-0,05	-0,31	-0,32	0,43
nº frutos_70_75	0,08	0,03	-0,24	-0,24	-0,26	-0,15	0,34	-0,24	0,04	0,49	0,33	-0,14	0,33	0,33	0,39	0,03	0,20	0,29	0,19	-0,34
peso (Kg)_70_75	0,08	0,02	-0,22	-0,22	-0,23	-0,15	0,34	-0,22	0,03	0,48	0,33	-0,14	0,33	0,33	0,36	0,06	0,17	0,30	0,19	-0,34
nº frutos_75	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
peso (Kg)_75	0,07	-0,15	-0,05	-0,06	-0,08	0,13	0,03	-0,06	-0,04	0,14	-0,02	0,14	0,02	0,02	0,12	-0,15	0,09	-0,08	0,07	0,02
Acidez titulável	0,61	-0,03	-0,28	-0,28	-0,23	0,23	-0,47	-0,28	-0,30	-0,28	-0,56	0,28	-0,46	-0,46	0,18	-0,52	0,44	-0,49	-0,20	0,50
TSS	0,54	0,64	-0,12	-0,12	-0,21	-0,42	0,02	-0,12	0,46	0,27	0,20	-0,39	0,04	0,04	0,55	-0,31	0,51	0,32	-0,20	-0,14
L	-0,39	0,40	-0,46	-0,46	-0,46	-0,51	0,16	-0,46	-0,21	0,15	0,43	-0,54	0,11	0,11	0,23	-0,06	0,12	0,49	-0,26	-0,23
Tonal	0,49	0,22	-0,16	-0,16	-0,09	0,11	-0,83	-0,16	-0,53	-0,79	-0,74	0,15	-0,83	-0,83	-0,23	-0,69	0,17	-0,58	-0,60	0,83
Firmeza	0,25	-0,16	0,11	0,11	0,12	0,19	-0,57	0,11	-0,05	-0,49	-0,55	0,21	-0,56	-0,56	-0,11	-0,41	0,17	-0,48	-0,35	0,58

	diâmetro médio tronco (cm)	altura a que começa a copa (m)	altura máxima da copa h (m)	altura média	Largura copa	AST tronco (cm2)	Volume copa (m3)	kg/volume	Rácio	PH 1 de agosto	PH 8 de agosto	PH 15 de agosto	PH 21 de agosto	Nfrutos total	Peso total	peso medio fruto (g)	Produtividade (Kg/há)	Nfrutos_55	peso (Kg)_55	Nfrutos_55_60	peso (Kg)_55_60	Nfrutos_60_65	peso (Kg)_60_65	Nfrutos_65_70	peso (Kg)_65_70	Nfrutos_70_75	peso (Kg)_70_75	Nfrutos_75	peso (Kg)_75	Acidez titulável	TSS	L	Tonal	Firmeza			
diâmetro médio tronco (cm)	1,00																																				
altura base da copa (m)	-0,38	1,00																																			
altura máxima da copa h (m)	0,69	-0,27	1,00																																		
altura média	0,58	0,08	0,94	1,00																																	
Largura copa	0,70	-0,64	0,53	0,32	1,00																																
AST tronco (cm2)	1,00	-0,38	0,69	0,58	0,71	1,00																															
Volume copa (m3)	0,78	-0,66	0,73	0,52	0,96	0,78	1,00																														
kg/volume	-0,56	0,49	-0,44	-0,28	-0,59	-0,56	-0,61	1,00																													
Rácio	0,09	0,12	0,55	0,62	-0,38	0,08	-0,11	0,11	1,00																												
PH 1 de agosto	-0,14	-0,12	-0,29	-0,34	0,09	-0,14	0,04	0,39	-0,37	1,00																											
PH 8 de agosto	0,05	-0,40	0,18	0,04	-0,07	0,05	0,05	-0,45	0,37	-0,32	1,00																										
PH 15 de agosto	0,46	0,02	0,58	0,61	-0,01	0,46	0,19	-0,44	0,60	-0,47	0,58	1,00																									
PH 21 de agosto	0,28	-0,55	0,20	0,01	0,33	0,28	0,37	-0,57	-0,06	0,11	0,41	0,34	1,00																								
Nfrutos total	0,27	-0,17	0,20	0,15	0,52	0,26	0,45	0,34	-0,23	0,30	-0,47	-0,42	-0,35	1,00																							
Peso total	0,33	-0,29	0,34	0,25	0,60	0,33	0,57	0,26	-0,16	0,31	-0,48	-0,36	-0,24	0,95	1,00																						
peso medio fruto (g)	0,14	-0,17	0,22	0,17	-0,06	0,15	0,05	-0,41	0,30	-0,12	0,22	0,42	0,45	-0,65	-0,40	1,00																					
Produtividade (Kg/há)	0,33	-0,29	0,34	0,25	0,60	0,33	0,57	0,26	-0,16	0,31	-0,48	-0,36	-0,24	0,95	1,00	-0,40	1,00																				
Nfrutos_55	-0,06	0,11	-0,09	-0,06	0,15	-0,06	0,06	0,23	-0,26	-0,08	-0,16	-0,27	-0,38	0,59	0,35	-0,95	0,35	1,00																			
peso (Kg)_55	-0,07	0,13	-0,12	-0,08	0,13	-0,08	0,04	0,27	-0,28	-0,01	-0,18	-0,30	-0,38	0,60	0,35	-0,97	0,35	0,99	1,00																		
Nfrutos_55_60	0,05	-0,09	0,17	0,15	-0,16	0,05	-0,03	-0,29	0,34	0,08	0,48	0,55	0,45	-0,64	-0,45	0,83	-0,45	-0,86	-0,86	1,00																	
peso (Kg)_55_60	0,09	0,02	0,19	0,20	-0,11	0,09	0,01	-0,31	0,25	0,04	0,53	0,70	0,45	-0,58	-0,46	0,61	-0,46	-0,60	-0,60	0,90	1,00																
Nfrutos_60_65	-0,22	-0,13	-0,33	-0,39	-0,32	-0,22	-0,31	0,01	0,02	0,22	-0,01	-0,08	0,30	-0,53	-0,36	0,76	-0,36	-0,82	-0,80	0,58	0,28	1,00															
peso (Kg)_60_65	-0,13	-0,05	-0,12	-0,14	-0,24	-0,13	-0,22	-0,06	0,16	0,16	0,03	-0,10	0,13	-0,46	-0,28	0,75	-0,28	-0,88	-0,86	0,64	0,27	0,82	1,00														
Nfrutos_65_70	0,25	-0,50	0,07	-0,11	0,02	0,25	0,10	-0,53	0,20	-0,32	0,80	0,53	0,33	-0,49	-0,48	0,35	-0,48	-0,24	-0,28	0,42	0,42	0,19	0,09	1,00													
peso (Kg)_65_70	0,22	-0,59	0,23	0,03	0,14	0,22	0,23	-0,48	0,25	-0,52	0,63	0,39	0,18	-0,28	-0,21	0,30	-0,21	-0,12	-0,19	0,18	0,14	0,07	-0,02	0,85	1,00												
Nfrutos_70_75	0,08	0,06	0,05	0,07	0,03	0,08	0,01	0,04	-0,01	0,08	-0,58	-0,22	0,13	-0,08	0,13	0,58	0,13	-0,61	-0,61	0,18	-0,11	0,61	0,62	-0,40	-0,24	1,00											
peso (Kg)_70_75	0,10	0,04	0,07	0,09	0,06	0,10	0,04	0,02	-0,01	0,12	-0,57	-0,21	0,17	-0,08	0,13	0,59	0,13	-0,63	-0,62	0,21	-0,07	0,62	0,62	-0,39	-0,25	1,00	1,00										
Nfrutos_75	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	1,00		
peso (Kg)_75	0,10	-0,13	0,29	0,25	0,12	0,11	0,15	-0,06	0,21	-0,36	-0,37	-0,08	-0,09	0,03	0,23	0,45	0,23	-0,33	-0,39	-0,03	-0,27	0,31	0,30	-0,13	0,30	0,73	0,71	M	1,00								
Acidez titulável	-0,07	-0,27	-0,14	-0,25	0,04	-0,07	-0,02	-0,22	-0,17	-0,21	0,02	-0,09	0,60	-0,21	-0,21	0,05	-0,21	0,05	0,03	-0,22	-0,24	0,16	-0,12	0,02	0,14	0,26	0,25	M	0,24	1,00							
TSS	-0,67	0,27	-0,28	-0,19	-0,47	-0,67	-0,49	0,26	0,12	0,10	-0,05	-0,40	-0,15	-0,32	-0,25	0,24	-0,25	-0,38	-0,36	0,24	-0,01	0,36	0,63	-0,33	-0,29	0,32	0,31	M	0,14	-0,06	1,00						
L	-0,25	0,06	-0,33	-0,32	-0,35	-0,25	-0,34	0,33	0,06	0,09	0,18	0,09	-0,31	-0,09	-0,04	0,21	-0,04	-0,30	-0,30	0,40	0,37	0,38	0,28	0,30	0,21	-0,11	-0,13	M	-0,06	-0,53	0,02	1,00					
Tonal	-0,16	-0,42	0,04	-0,11	0,06	-0,16	0,10	-0,23	0,05	-0,22	0,50	0,29	0,57	-0,16	-0,13	0,04	-0,13	0,12	0,09	0,09	0,22	0,02	-0,33	0,31	0,37	-0,29	-0,29	M	-0,08	0,53	-0,22	0,02	1,00				
Firmeza	0,00	-0,09	0,09	0,06	0,03	0,00	0,05	-0,43	0,04	-0,46	0,12	0,07	0,12	-0,31	-0,38	-0,07	-0,38	0,29	0,26	-0,34	-0,31	-0,18	-0,31	0,25	0,38	-0,15	-0,16	M	0,16	0,49	-0,14	-0,60	0,24	1,00			

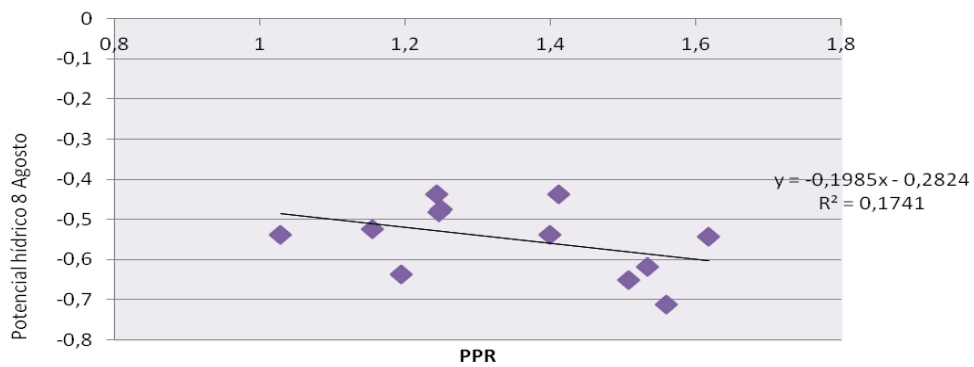
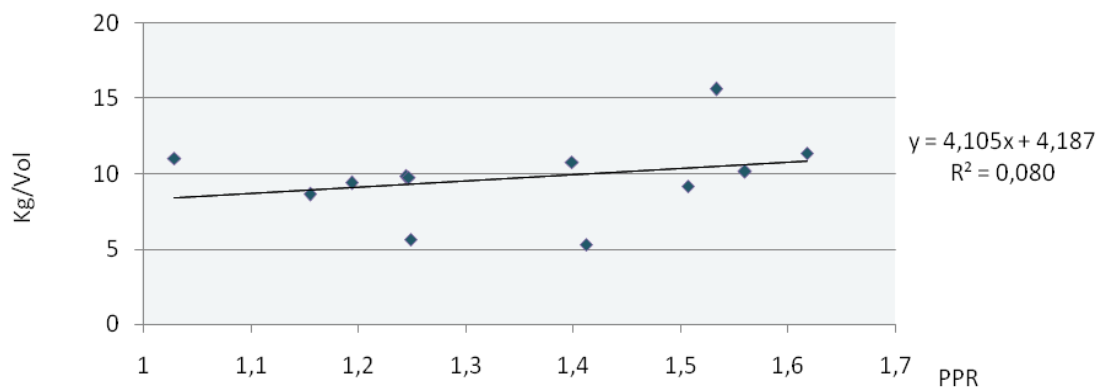
ANEXO 9

Análise de Regressão Linear

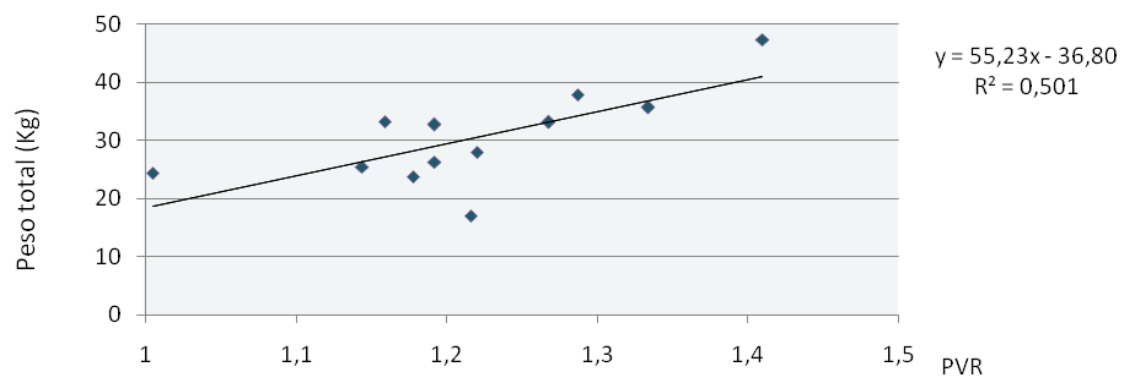
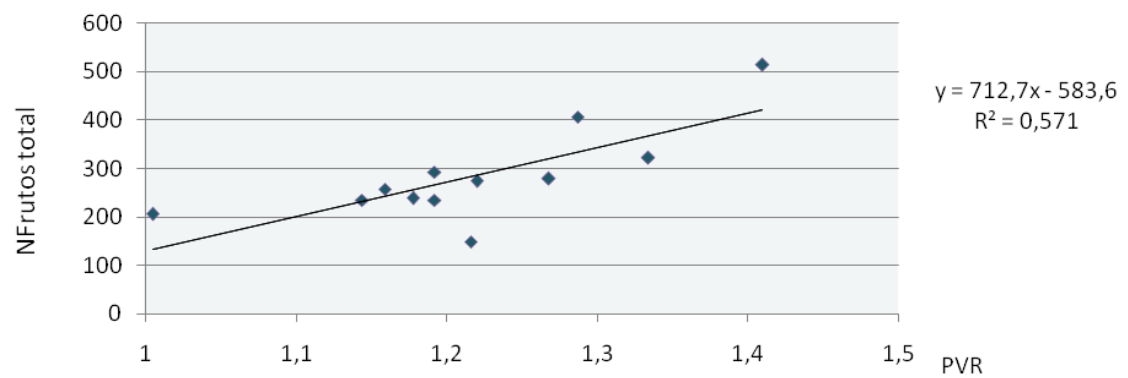
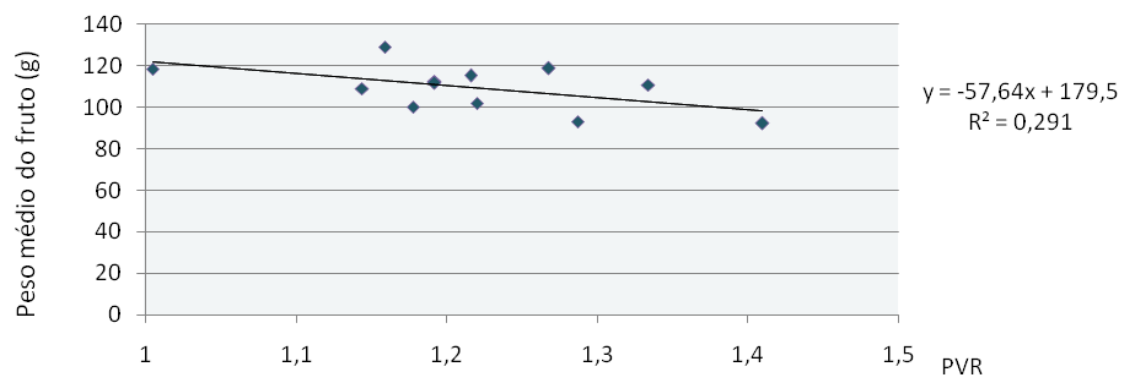
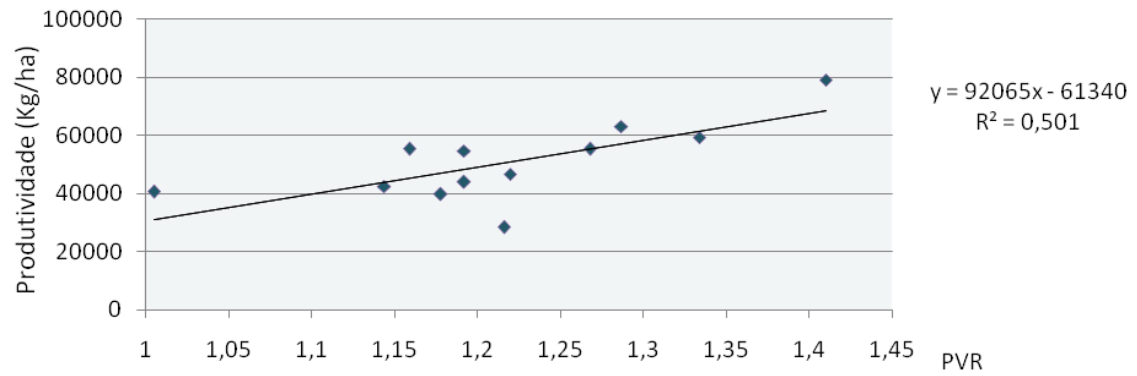
NDVI

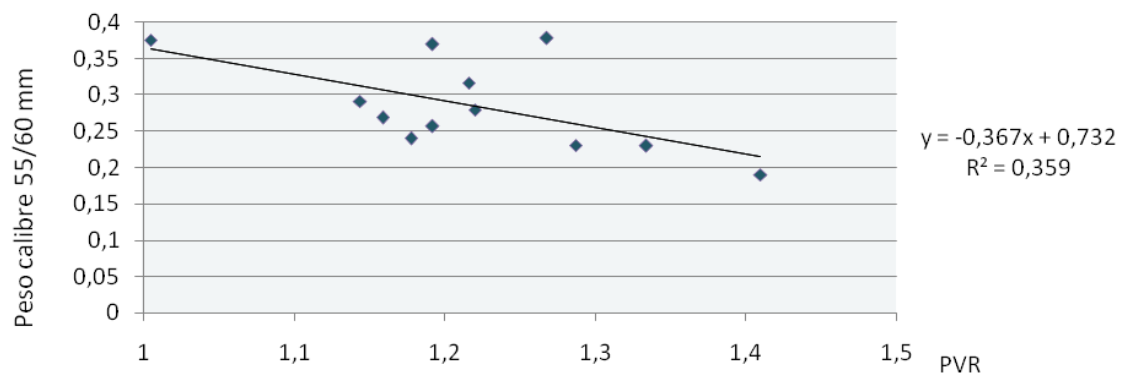
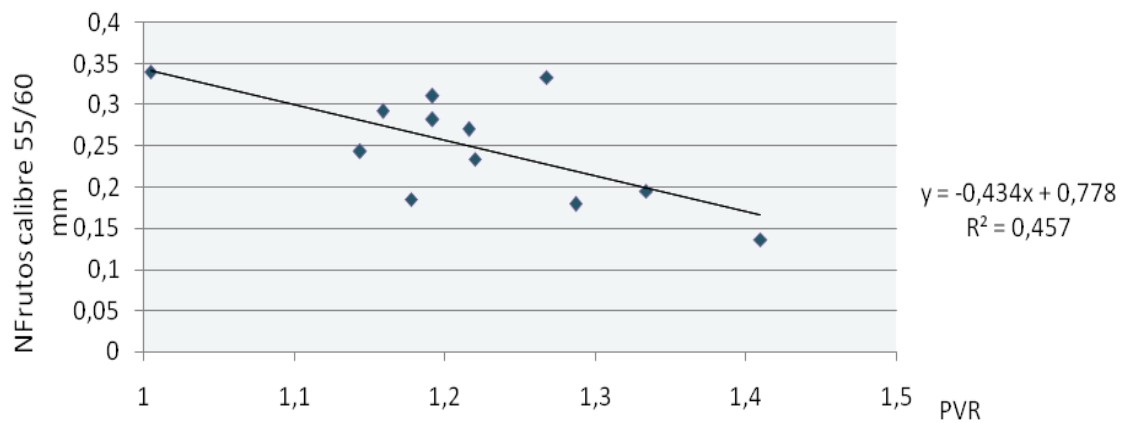
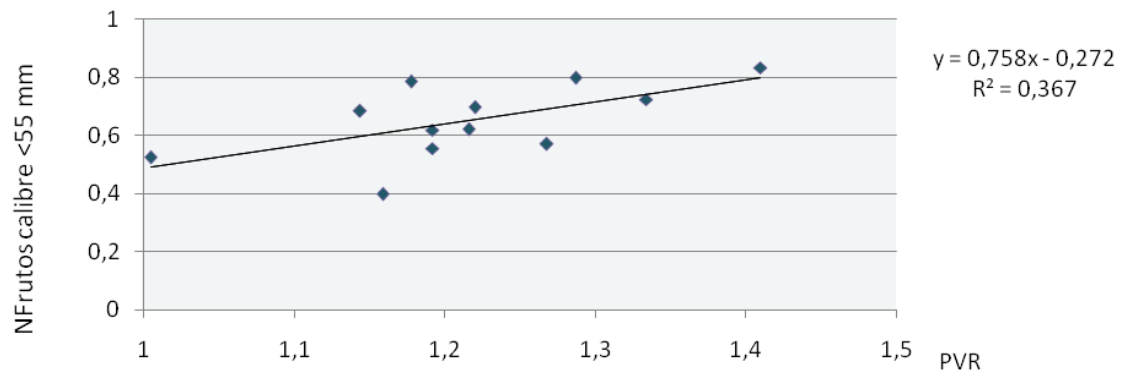
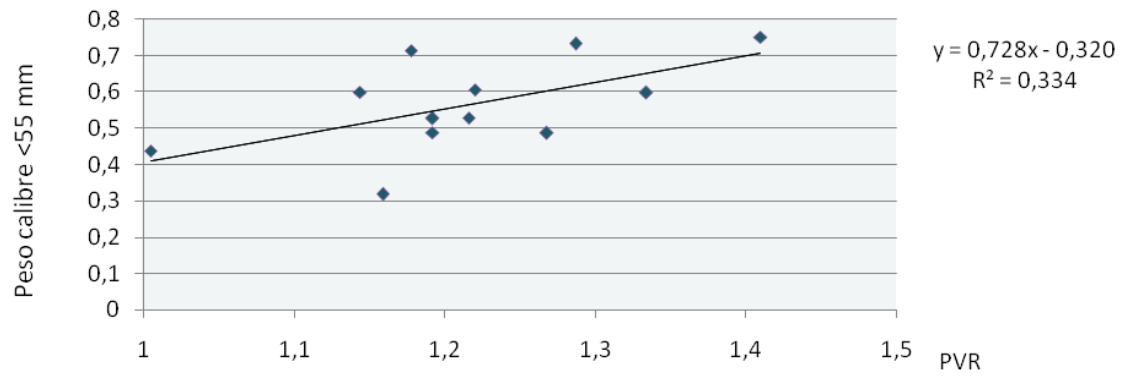


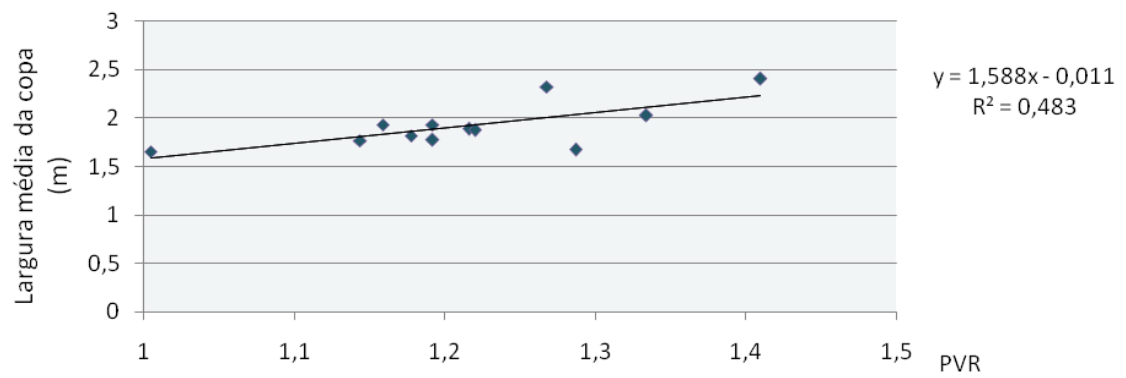
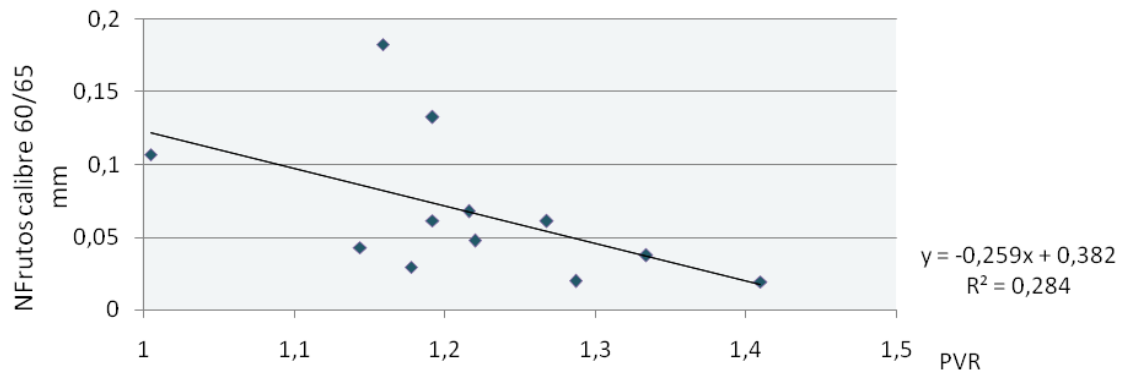
PPR



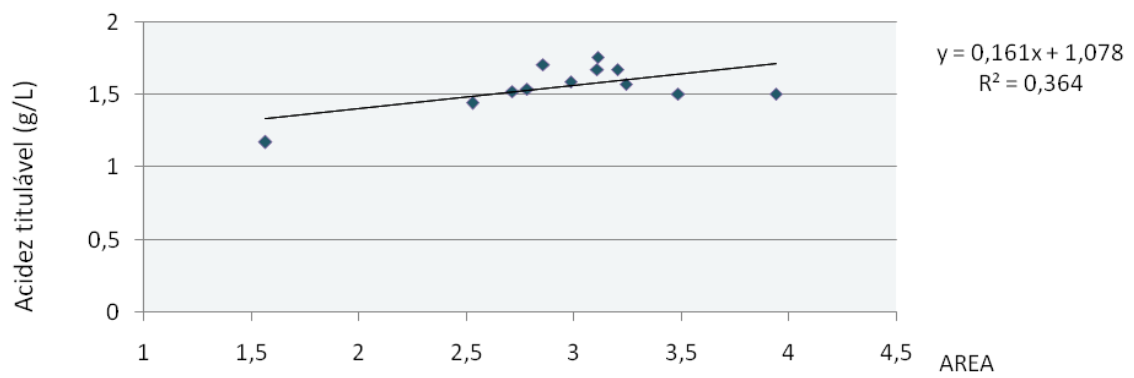
PVR



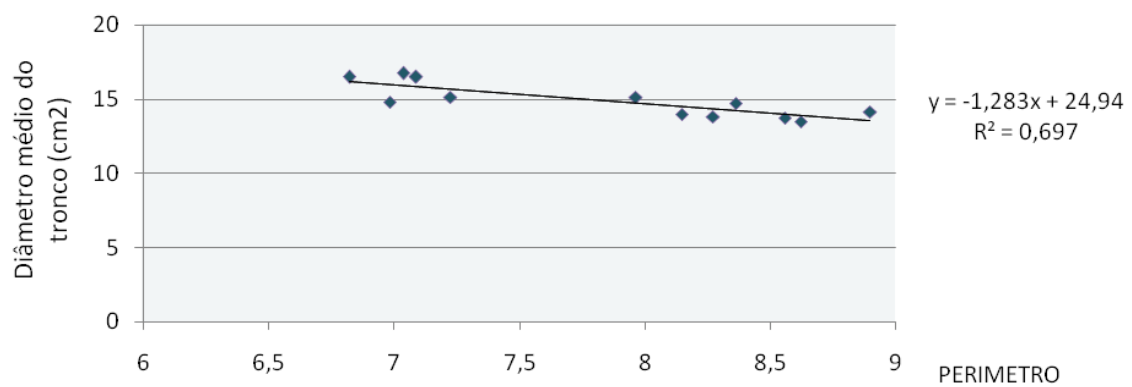
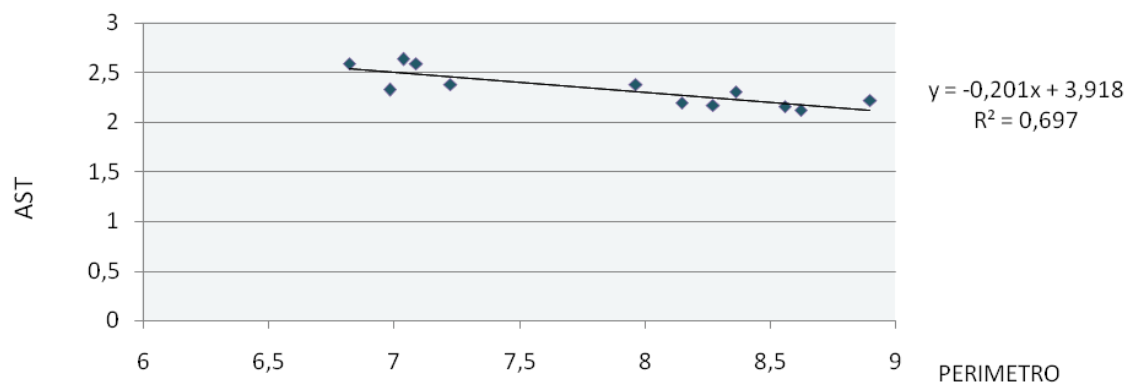
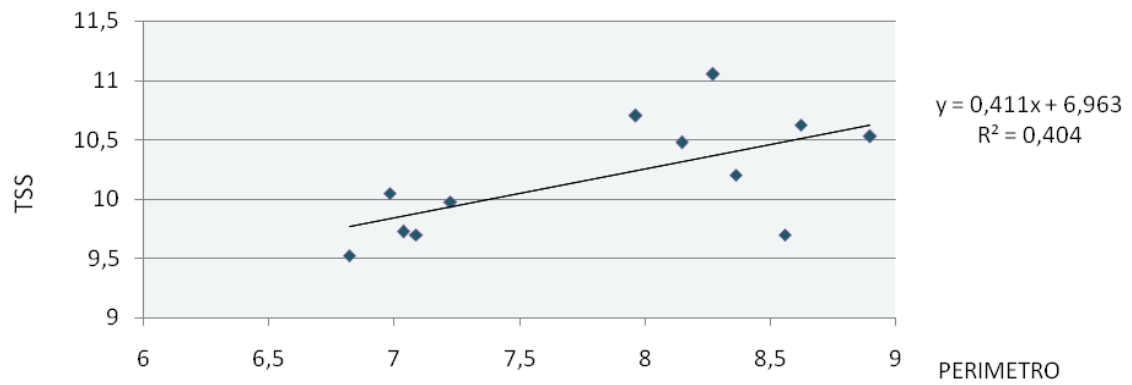




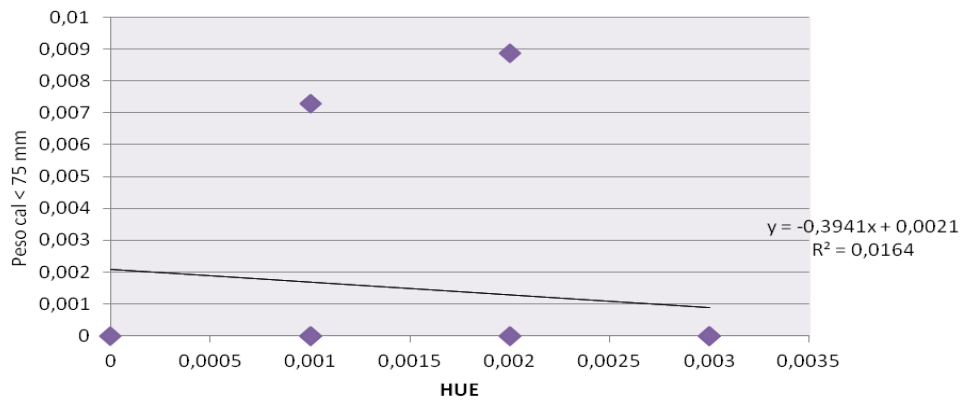
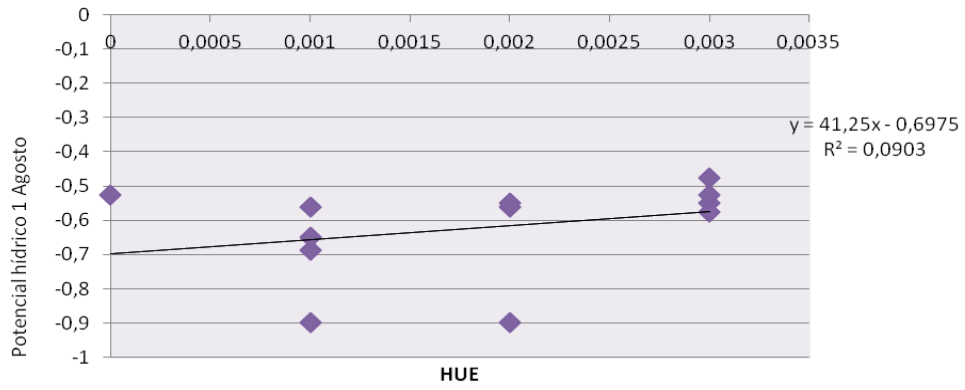
AREA



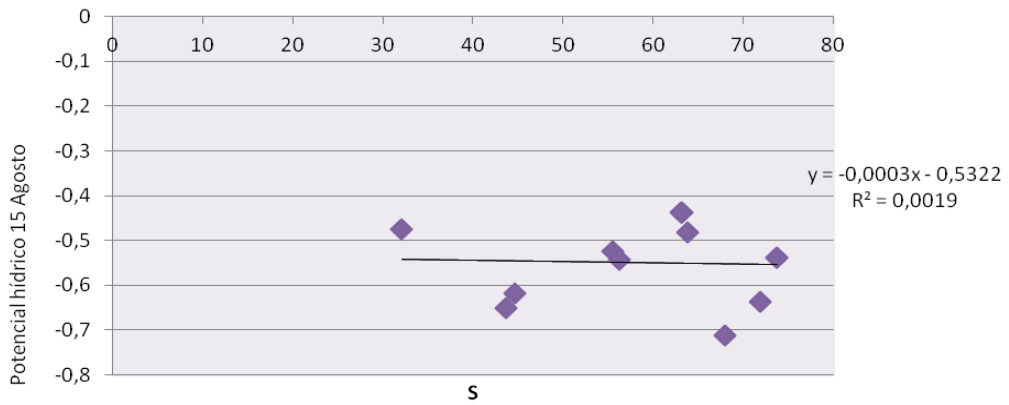
PERIMETRO



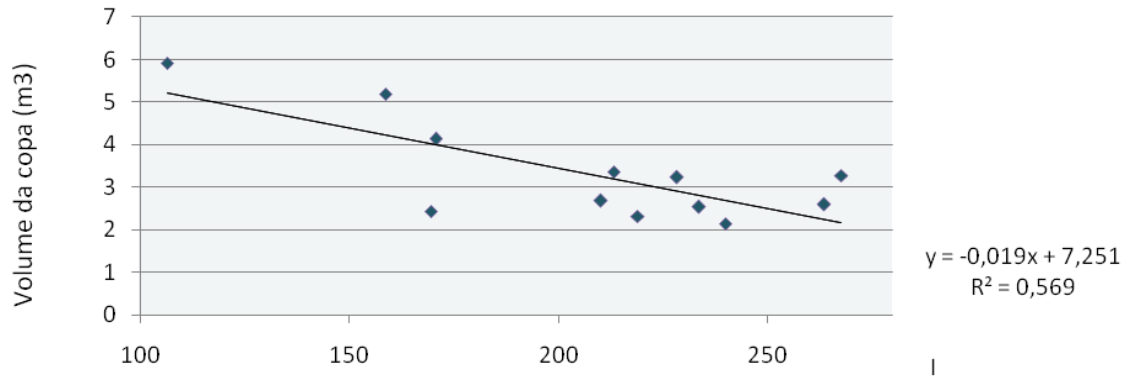
HUE



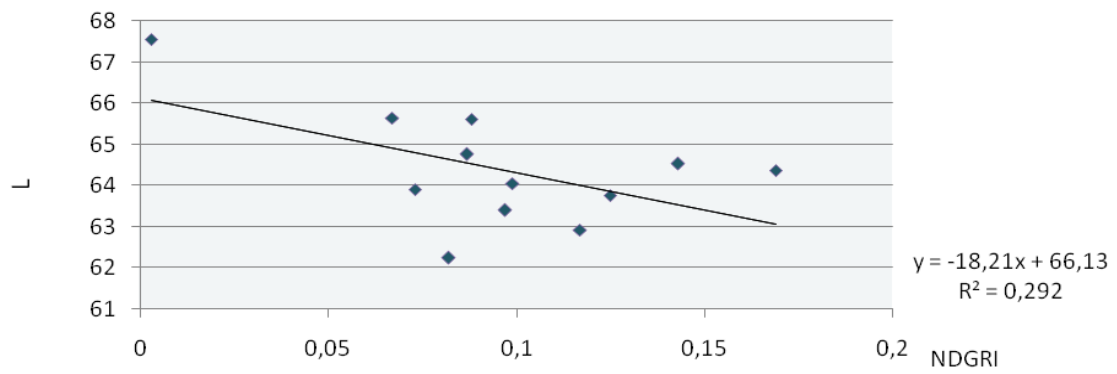
S



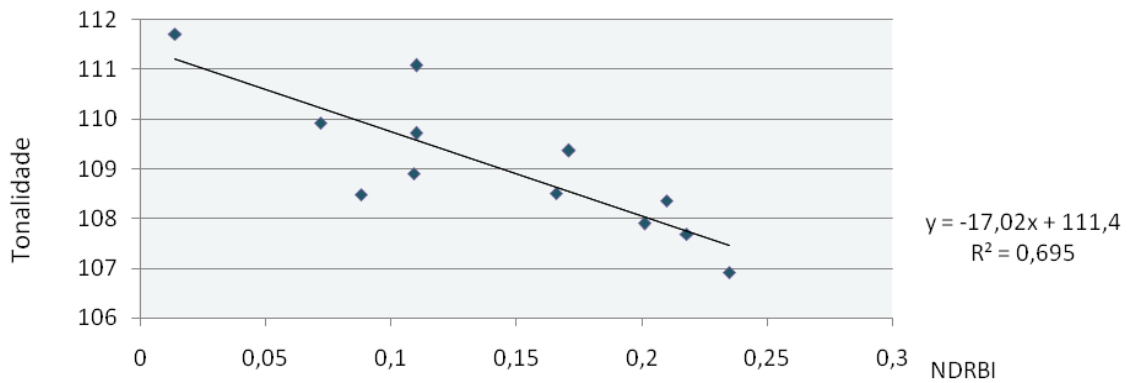
I



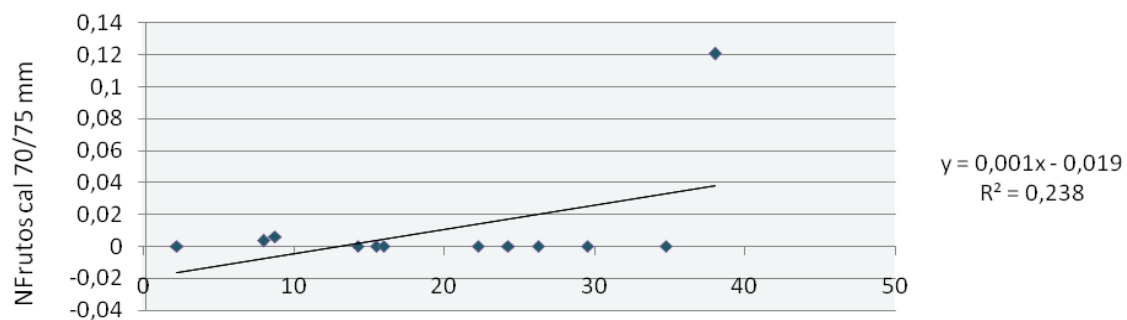
NDGRI



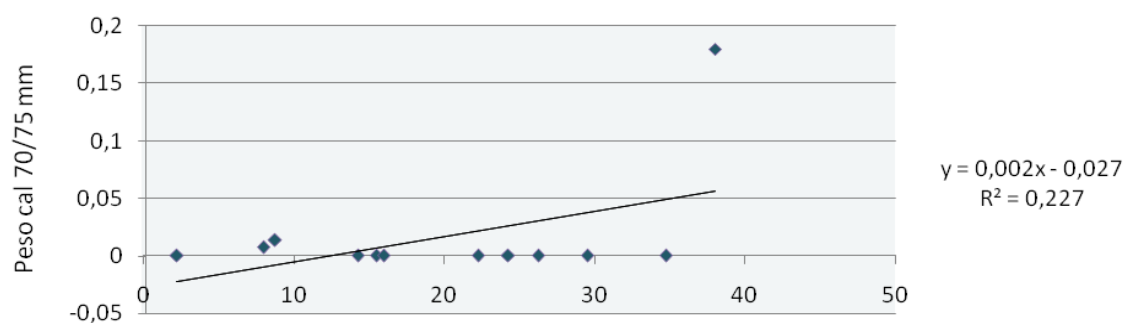
NDRBI



SGB

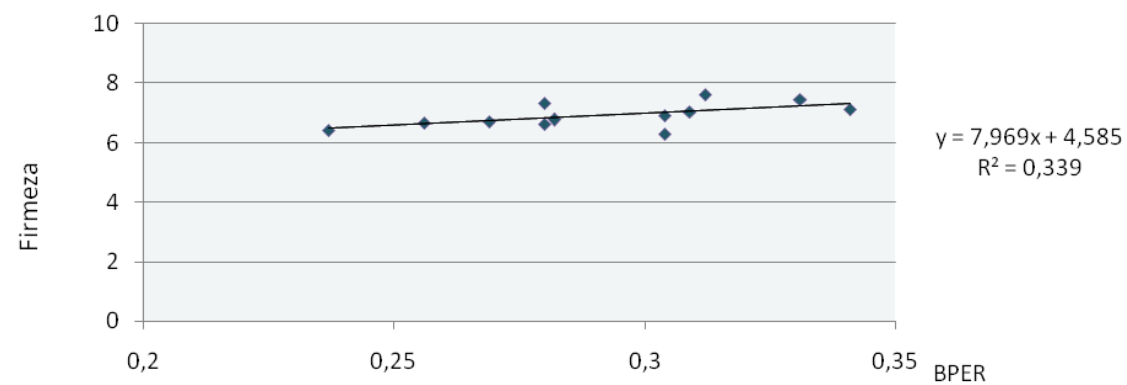
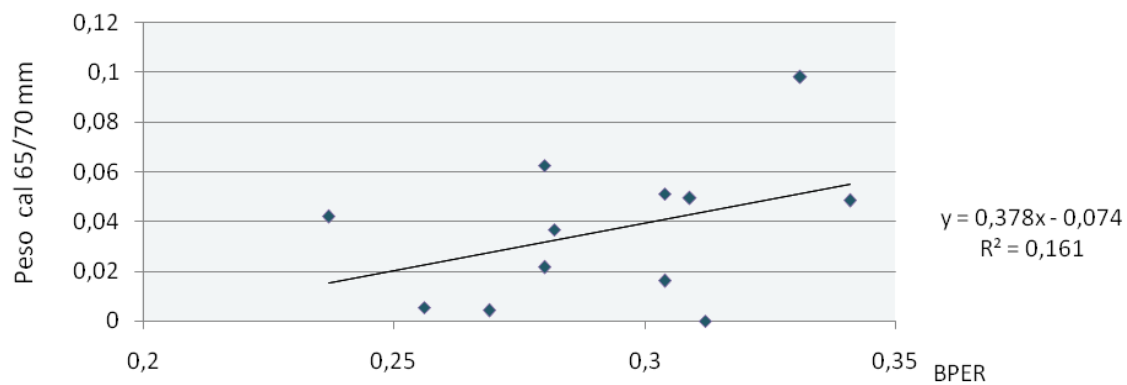


SGB

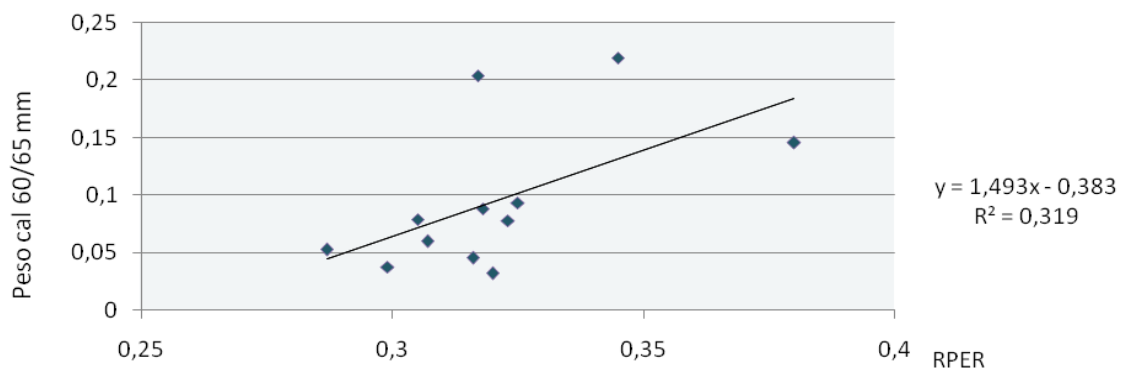
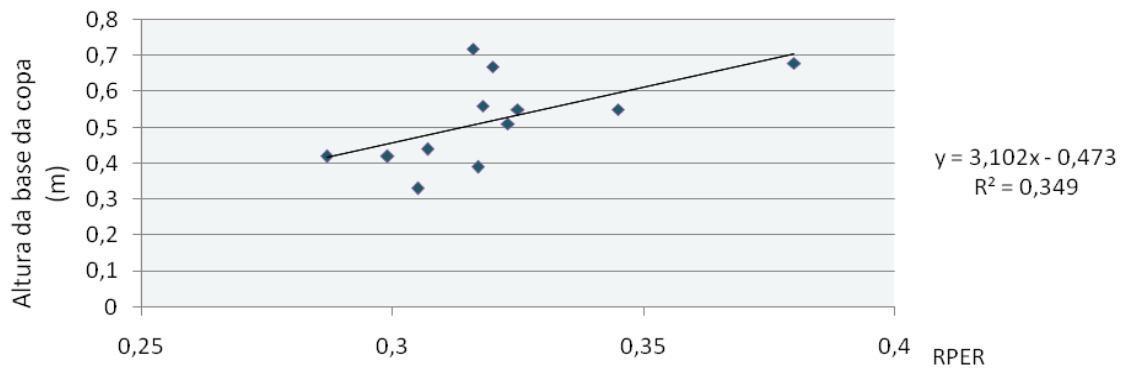


SGB

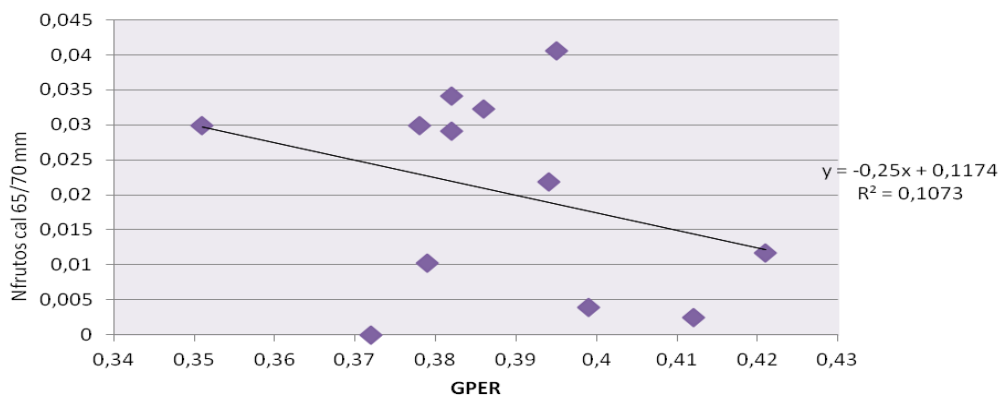
BPER



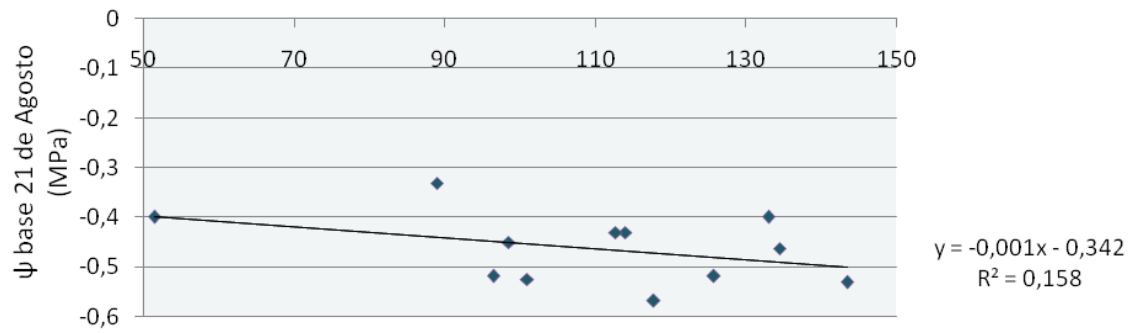
RPER



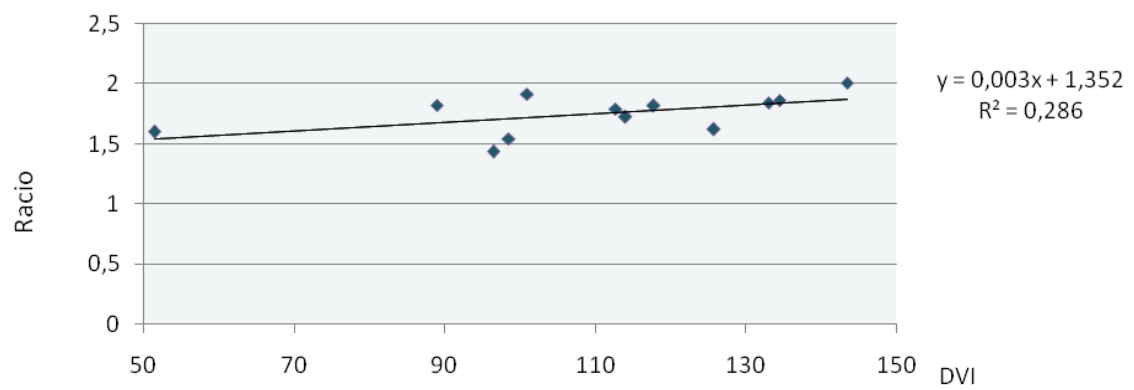
GPER



DVI



DVI



DVI

PCD

