

Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

A utilização de *software* SIG *open-source* no apoio ao planeamento da vindima de uma propriedade na Região Demarcada do Douro numa perspectiva de otimização enológica

Dissertação de Mestrado em Enologia

António Américo da Rocha Graça

Orientador: Professor José Tadeu Marques Aranha



Vila Real, 2014

Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

A utilização de *software* SIG *open-source* no apoio ao planeamento da vindima de uma propriedade na Região Demarcada do Douro numa perspetiva de otimização enológica

Dissertação de Mestrado em Enologia

António Américo da Rocha Graça

Orientador: Professor José Tadeu Marques Aranha

Composição do júri:

- Professora Ana Alexandra Mendes Ferreira
- Professor José Tadeu Marques Aranha
- Professor João Paulo Miranda de Castro

Vila Real, 2014

As teses apresentadas são da exclusiva responsabilidade do autor.

Agradecimentos

Este trabalho não poderia ter sido possível sem o concurso de diversas pessoas que me apoiaram de muitas formas e às quais desejo deixar expresso um sincero agradecimento pelos conselhos, sugestões, críticas, incentivos, apoios e desafios que me ofereceram. Quero, muito em particular, agradecer:

À Alexandra, mulher que decidiu partilhar da minha vida e que me apoiou, incondicionalmente, durante o período de elaboração deste trabalho, como sempre o faz em todos os meus projetos, criando-me todas as condições familiares e pessoais necessárias e partilhando comigo o entusiasmo na sua realização;

Ao Professor Doutor José Tadeu Aranha, pela sua orientação, apoio, empenho e ensinamentos e, sobretudo, pelo entusiasmo com que abordou este projeto;

À empresa Sogrape Vinhos S.A. e a todos os seus colaboradores, em particular:

- Ao Dr. Miguel Pessanha pela amizade e pelo acompanhamento pessoal e profissional que sempre me ofereceu;
- À Dra. Natacha Fontes, pelo incansável acompanhamento científico e revisão dos textos;
- Aos meus colegas e amigos Eng.^a Cristina Fernandes, Eng.^o Luís Sottomayor, Eng.^o António Braga e Eng.^o João Vasconcelos Porto e respetivas equipas, pelo apoio local e pelas opiniões oferecidas sobre a utilização da tecnologia SIG;
- Ao Dr. António de Oliveira Bessa por partilhar da minha visão sobre o valor do conhecimento e da sua partilha na atividade económica de uma empresa;
- Aos acionistas e administradores Sr. Fernando Lobo Guedes, Dr. Salvador da Cunha Guedes e Dr. Fernando da Cunha Guedes pela confiança depositada e pelas condições criadas para o desenvolvimento da atividade de Investigação e Desenvolvimento em suporte ao setor económico ligado à produção e comercialização de vinhos;

Aos meus mentores em enologia e viticultura, Eng.^o José Maria Soares Franco, Eng.^o Manuel Vieira, Sr. Joaquim Fernandes, Professor Nuno Magalhães e Professor Antero Martins, colegas e amigos que sempre me acolheram e ajudaram a moldar a diversidade do meu conhecimento;

Ao Eng.^o Fernando Alves e ao Professor Gregory V. Jones que, pela primeira vez me demonstraram as possibilidades da tecnologia dos sistemas de informação geográfica aplicada ao setor vitivinícola.

À Reitoria da UTAD por operacionalizar a recomendação do CRUP de 8 de Janeiro de 2011, ao abrigo da qual foi realizado este mestrado.

Dedico este trabalho à minha filha, Catarina, como prova de que o sucesso reside na regra, no rigor e na perseverança, sem perder a fé, a felicidade e a esperança. Um ensinamento que eu recebi do seu bisavô Américo, apreciei nos seus avós António e Maria Isolina, Eduardo e Deolinda e que lhe entrego como lição de vida.

RESUMO

Uma das primeiras questões a enfrentar pelo enólogo na sua atividade profissional é a marcação da data de início das vindimas e a sequência a planear para a colheita de uvas de entre os diversos talhões de vinha de que dispõe. Em consequência, o viticultor, preocupado em aumentar a eficiência da sua gestão técnica satisfazendo critérios enológicos, é confrontado com fatores estáticos (solos) e dinâmicos (clima) que afetam o sucesso da sua decisão de planeamento de vindima. O mapeamento, em sistema de informação geográfica (SIG), da informação histórica e atual ao seu dispor, oferece-lhe uma importante ferramenta para apoio à sua decisão, permitindo-lhe visualizar, em suporte geográfico adequado, a informação relativa ao comportamento qualitativo das suas vinhas. Este trabalho propõe a aplicação de um projeto realizado em SIG *open-source* (código aberto, livre ou não comercial), o Quantum GIS, para representar espacialmente a evolução da maturação das uvas num determinado ano, face à média da sua evolução em anos anteriores, como ferramenta de apoio à decisão e planeamento da vindima de propriedades vitícolas com elevada complexidade e diversidade, conforme é o caso geral na Região Demarcada do Douro. Os resultados obtidos confirmam o elevado valor potencial que o tratamento geográfico de dados da qualidade da uva durante a sua maturação confere à organização e planeamento da operação da vindima, melhorando o fluxo de informação entre profissionais de viticultura e enologia: criou-se um índice de precocidade da maturação; demonstrou-se a existência de uma estrutura espacial na variabilidade desse índice e discutiram-se formas de utilizar este conhecimento na priorização dos talhões a vindimar, bem como no ajustamento dos locais de amostragem para controlo de maturação.

Palavras-chave: enologia, viticultura, maturação, vindima, planeamento, SIG, eficiência

ABSTRACT

Any winemaker's first challenge in his professional duties is the setting of harvest dates and deciding the sequence of grape picking between the several vineyard blocks available to him. Consequently, the grape-grower, always looking for ways to improve the efficiency of his technical management, while at the same time meeting winemaking specifications for grapes, is faced by static (soil) and dynamic (climate) factors affecting the success of his harvest plan decision-making. To map in geographical information systems (GIS) current and historical information offers an important tool to support his decisions, allowing for the visualization in an adequate geographical support of information on the behavior of his vineyards. This work proposes a project developed in an open-source GIS system (noncommercial), Quantum GIS, as an application to map grape maturation of any given year against the average of its evolution in past years, serving as a tool to support harvest planning in vineyards with high complexity and diversity as it is the usual case in the Douro Wine Region. Obtained results confirm the high potential value conferred by grape quality geodata treatment in organizing and planning the harvest, as it improves the flow of information between viticulture and enology professionals: a maturation precocity index was created; the existence of a spatial structure in the variability of such index was demonstrated and ways of using that knowledge in prioritizing vine block harvest and adjusting sampling sites for maturation control were discussed.

Key-words: enology, viticulture, maturation, harvest, planning, GIS, efficiency

ÍNDICE GERAL

DISPOSITIVO LEGAL	I
AGRADECIMENTOS	II
DEDICATÓRIA	III
RESUMO	IV
ABSTRACT	IV
ÍNDICE GERAL	V
ÍNDICE DE FIGURAS	VI
ÍNDICE DE TABELAS	VII
LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS, SÍMBOLOS E ACRÓNIMOS	VIII
GLOSSÁRIO	IX
INTRODUÇÃO	1
1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
1.1. Sistemas de informação geográfica	5
1.2. Gestão da vindima em função da qualidade da uva	8
1.2.1. Planeamento	9
1.2.2. Controlo de maturação	10
1.3. A utilização de SIG num contexto de gestão enológica (viticultura de precisão)	16
2. LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO	21
2.1. Clima e geomorfologia	21
2.2. Encepamento	23
3. MATERIAL E MÉTODOS	27
3.1. Controlo de maturação	27
3.2. Análise estatística e preparação de dados	29
3.3. Sistema de informação geográfica - SIG	32
3.4. Organização dos dados	33
3.5. Gradientes de cor	34
4. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS	37
4.1. Interpretação e avaliação de dados	37
4.2. Implementação de um plano de gestão	54
5. CONCLUSÕES	61
5.1. Constrangimentos	62
5.2. Síntese das conclusões	62
6. TRABALHOS FUTUROS	65
7. BIBLIOGRAFIA E REFERÊNCIAS	67

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1** – Condicionantes ambientais e vitícolas da composição da uva e da qualidade do vinho.
- Figura 2** – Evolução do desenvolvimento do bago de uva
- Figura 3** – As três principais linhas de investigação geográfica desenvolvidas em viticultura
- Figura 4** – As três fases do processo cíclico da viticultura de precisão
- Figura 5** – Enquadramento do local de estudo em Portugal Continental e identificação dos limites das propriedades
- Figura 6** – Substratos geológicos das propriedades em estudo
- Figura 7** – Exposições das vertentes nas propriedades em estudo
- Figura 8** – Castas nas propriedades em estudo
- Figura 9** – Identificação dos talhões de vinha nas propriedades em estudo
- Figura 10** – Regressão múltipla usando parâmetros da qualidade da uva para estimar o intervalo em tempo até à data de vindima
- Figura 11** – Imagem do modelo QGIS com valores de P100b (peso de 100 bagos)
- Figura 12** – Matriz do modelo de dados para P100b (peso de 100 bagos) no QGIS
- Figura 13** – Construção de gradientes em QGIS
- Figura 14** – Processo de interpolação espacial (*kriging*) dos valores observados
- Figura 15** – Estrutura espacial de P100b
- Figura 16** – Estrutura espacial de AT
- Figura 17** – Estrutura espacial de pH
- Figura 18** – Estrutura espacial de AP
- Figura 19** – Estrutura espacial de ApH1
- Figura 20** – Estrutura espacial de ApH3,2
- Figura 21** – Estrutura espacial de IPT
- Figura 22** – Identificação visual de zonas de maior maturação com base em AT
- Figura 23** – Identificação visual de zonas de maior maturação com base em AP
- Figura 24** – Aplicação de condições na análise de modelos matriciais de dados no QGIS
- Figura 25** – Áreas onde a média de 11 anos de P100b, a 1 semana da vindima, é igual ou inferior a 120 gramas
- Figura 26** – Áreas onde a média de 11 anos do pH, a 1 semana da vindima, é igual ou superior a 3.90
- Figura 27** – Áreas onde a média de 11 anos do AP, a 1 semana da vindima, é igual ou superior a 13.5%
- Figura 28** – Áreas onde a média de 11 anos de ApH1, a 1 semana da vindima, é igual ou superior a 700 mg/L
- Figura 29** – Construção do modelo de dados matriciais para o índice de precocidade no QGIS
- Figura 30** – Análise de distribuição espacial do índice de precocidade para as duas propriedades consideradas no estudo
- Figura 31** – Zona com IP = 4: castas
- Figura 32** – Zona com IP = 4: modelo digital de terreno
- Figura 33** – Zona com IP = 4: declives
- Figura 34** – Zona com IP = 4: exposições
- Figura 35** – Zona com IP = 4: substratos geológicos
- Figura 36** – Análise detalhada da propriedade a Oeste para estabelecimento do plano de vindima
- Figura 37** – Análise detalhada da propriedade a Este para estabelecimento do plano de vindima

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Estatísticas sumárias dos valores médios de 11 anos dos parâmetros analíticos

Tabela 2 – Modelo de regressão múltipla dos parâmetros de maturação tecnológica em função do intervalo temporal

Tabela 3 – Modelo de regressão múltipla dos parâmetros de maturação fenólica em função do intervalo temporal

Tabela 4 – Gradientes de cor para parâmetros de geomorfologia

Tabela 5 – Gradientes de cor para parâmetros de qualidade tecnológica da uva

Tabela 6 – Gradientes de cor para parâmetros de qualidade fenólica da uva

Tabela 7 – Condições estabelecidas para a análise da estrutura espacial de precocidade em QGIS

Tabela 8 – Combinações possíveis das condições de precocidade para cada valor do índice de precocidade

Tabela 9 – Plano de vindima em função do índice de precocidade (propriedade a Oeste, opção A)

Tabela 10 – Plano de vindima em função do índice de precocidade (propriedade a Oeste, opção B)

Tabela 11 – Plano de vindima em função do índice de precocidade (propriedade a Este, opção A)

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS, SÍMBOLOS E ACRÓNIMOS

AP: álcool provável

ApH1: antocianinas totais

ApH3,2: antocianinas extraíveis

AT: acidez total

bar: unidade de pressão definida pela IUPAC como sendo exatamente igual a 100 000 Pascal

CV%: coeficiente de variação

DOC: denominação de origem controlada

ETRS: *European Terrestrial Reference System*

g: grama

ha: hectare

GB: gigabyte

GHz: gigahertz

GPS: *Global Positioning System*

GRASS: *Geographic Resources Analysis Support System*

IGP: Instituto Geográfico Português

IP: Índice de precocidade

IPT: Índice de Polifenóis Totais

kg: quilograma

km: quilómetro

L: litro

m: metro

mg: miligrama

mL: mililitro

mm: milímetro

NDVI: *Normalized Difference Vegetation Index*

PCD: *Plant Cell Density*

pH: cologaritmo da concentração de hidrogénios

P100b: Peso de 100 bagos

QGIS: Quantum GIS

PORVID: Associação Portuguesa para a Diversidade da Videira

PRT: Portugal – código utilizado na Portaria 380/2012 para desambiguar nomes de castas

RAM: *Random Access Memory*

RGB: Sistema de cores aditivas *Red-Green-Blue*

R²: coeficiente de determinação que mede o ajustamento de um modelo estatístico linear generalizado

SEM: semana de distância à data de vindima

SIG: sistema de informação geográfica

ton: tonelada

UTM: *Universal Transverse Mercator*

WGS: *World Geodetic System*

GLOSSÁRIO

Algoritmo: sequência finita de instruções bem definidas e não ambíguas

Antrossolo: Solo no qual as atividades humanas provocaram profundas modificações das características originais

Bardo: linha de videiras num talhão

Carotenoide: substância química de um grupo de substâncias tetraterpênicas relacionadas ao caroteno

Casta: variedade da espécie de videira *Vitis vinifera*

Compasso: numa vinha, produto entre a distância entre linhas e a distância entre cepas, dentro da linha

Denominação de origem: a designação atribuída em vários países aos vinhos originários e tradicionalmente produzidos numa dada região

Desponta: operação vitícola de corte do ápex vegetativo dos lançamentos anuais da videira

Encepamento: conjunto das castas que compõem um vinhedo

Elipsoide de referência: uma superfície matematicamente definida que se aproxima do geoide, a verdadeira figura da Terra

Exposição: orientação da vertente do terreno

Floema: tecido das plantas vasculares encarregado de levar a seiva pelo caule até à raiz e aos órgãos de reserva

Genótipo: composição genética elementar de um organismo

Geoestatística: ramo da Estatística Espacial que usa o conceito de funções aleatórias para incorporar a dependência espacial aos modelos para variáveis georreferenciadas

Geo-localização: o mesmo que Georreferenciação: processo de localização geográfica de determinado objeto espacial através da atribuição de coordenadas.

Grauvaque: rocha de origem sedimentar formada por fragmentos de outras rochas e mais um "cimento", que pode ser de natureza siliciosa e, mais raramente, calcária, no qual estes ficam presos

Intervalo temporal: intervalo entre a data de amostragem e a data de vindima

Krigagem: do inglês *kriging*, método de regressão usado em geoestatística para aproximar ou interpolar dados

Lançamento: rebento do ano numa videira, após o crescimento inicial

Latitude: coordenada geográfica ou geodésica definida na esfera, no elipsoide de referência ou na superfície terrestre, que é o ângulo entre o plano do equador e a normal à superfície de referência. A latitude mede-se para norte e para sul do equador, variando entre os 0° (equador) e os 90° (polos)

Leptossolo: solo que têm como característica principal a presença de rocha dura a menos de 30 cm de profundidade

Longitude: coordenada geográfica ou geodésica que descreve a localização de um lugar na Terra medido em graus, de zero a 180 para leste ou para oeste, a partir do Meridiano de Greenwich

Lote de uvas: conjunto de uvas, usualmente provenientes do mesmo talhão de vinha

Meridiano: linha imaginária que resulta de um corte efetuado num modelo geométrico da Terra por um plano que contém o seu centro

Maturação: processo de desenvolvimento da uva que a torna apta para a reprodução

Modelo digital de terreno (ou elevação): malha de pontos que descreve a altimetria

Modelo matricial: modelo de dados em que cada píxel contém informação associada

Modelo vetorial: modelo no qual informações sobre pontos, linhas e polígonos são codificadas e armazenadas como uma coleção de coordenadas x, y e z.

Monda: corte (de partes da videira como folhas, cachos, etc.)

Open-source: código aberto, foi criado pela OSI (Open Source Initiative) e refere-se a *aplicações informáticas não comerciais*, também conhecido por *software livre*.

Ortofoto: representação fotográfica de uma região da superfície terrestre resultante de um processo de ortorectificação espacial 3D (tridimensional), no qual todos os elementos apresentam a mesma escala, livre de erros e deformações, com a mesma validade de um plano cartográfico

Parede vegetativa: espaço delimitado pelo conjunto de elementos aéreos de uma videira

Pintor: momento de paragem do fluxo no xilema da videira que corresponde a alterações fisiológicas como as que dão origem à mudança de cor das uvas

Precursor aromático: composto não odorante que, por ação de microorganismos ou de enzimas dá origem a compostos odorantes

Poda: operação anual em que se retira parte da videira para promover o seu crescimento, ajustar a sua condução e equilibra-la fisiologicamente

Podridão: ataque da uva por fungos

Porta-enxerto: videira de espécie americana que é utilizada como suporte do enxerto da videira europeia, conferindo-lhe resistência aos ataques de *Phylloxera*

Precocidade: maturação prematura relativamente à média

Raster: modelo matricial em sistema de informação geográfica

Sigmoide: curva em forma de S

Software: aplicação informática, suporte lógico que é uma sequência de instruções a serem seguidas e/ou executadas, na manipulação, redirecionamento ou modificação de um dado/informação ou acontecimento

Sistema de coordenadas: conjunto de expressões matemáticas que permitem expressar qualquer posição horizontal no planeta através de duas das três coordenadas existentes num sistema esférico, de referência, de coordenadas, alinhadas com o eixo de rotação da Terra

Sobrematuração: período após o momento em que a uva atinge a maturação fisiológica

Talhão: unidade de vinha gerida de forma uniforme e habitualmente delimitada por estradas de acesso. É, normalmente, a mais pequena unidade considerada para a gestão da vinha

Terpenoides: diversificada classe de substâncias naturais, ou metabólitos secundários de origem vegetal, especialmente das coníferas, de fórmula química geral $(C_5H_8)_n$

Terroir: conjunto de fatores botânicos, climáticos, edáficos e humanos que concorrem para que, num dado território, os vinhos aí produzidos possuam uma perceção sensorial semelhante

Tióis voláteis: compostos organossulfurados voláteis que contém um grupo $-SH$ ligado a um átomo de carbono

Variograma: método de cálculo da variação do valor de uma variável em relação às restantes da mesma amostragem, em função da distância entre os pontos amostrados

Vindima: operação de colheita das uvas

Vingamento: momento do ciclo vegetativo da videira, após a floração, em que ocorre a frutificação

Vinho licoroso: vinho com açúcar residual obtido por paragem da fermentação antes de todo o açúcar se ter transformado em álcool

Vinificação: processo de transformação do mosto de uva em vinho pela fermentação alcoólica

Viticultura de precisão: gestão da variabilidade temporal e espacial das parcelas de vinha

Xilema: tecido das plantas vasculares por onde circula a água com sais minerais dissolvidos - a seiva bruta - desde a raiz até às folhas

Xisto: nome genérico de vários tipos de rochas metamórficas facilmente identificáveis por serem fortemente laminadas

INTRODUÇÃO

As necessidades da enologia moderna requerem uma compreensão de viticultura e das diversas condicionantes de uma adega por parte dos enólogos. Para responder aos desafios de um moderno sector vitivinícola, de crescente complexidade tecnológica, a competência técnica do enólogo necessita de se estender para além das operações próprias da vinificação, maturação e engarrafamentos dos vinhos (Rankine, 1989b).

Uma das primeiras questões a enfrentar pelo enólogo é a marcação da data de início das vindimas e a sequência a planear entre os diversos talhões de vinha. Por motivos de organização do trabalho, esta marcação deve ser realizada com a maior antecedência possível, o que não é uma tarefa fácil:

- As uvas para vinhos licorosos devem ficar mais tempo na videira do que aquelas utilizadas para produzir vinhos secos;
- Cada casta responde de forma própria às condições climáticas;
- As previsões meteorológicas além de 3 a 10 dias carecem de precisão suficiente para planeamento;
- Há necessidade de se munir de mão-de-obra suficiente e de velar a que o período de funcionamento da adega não seja superior ao estritamente necessário por questão de controlo de custos de operação (Peynaud, 1981).

Todas estas questões conferem à tarefa de planeamento de vindima uma complexidade e uma urgência notáveis. É necessário tomar muitas decisões num curto espaço de tempo e o acerto dessas decisões irá condicionar os resultados do trabalho de enologia durante o período de uma ano até à vindima seguinte, única altura em que será possível corrigir eventuais erros e testar melhorias nos processos.

Para se fazer bom vinho é necessário conhecer bem a matéria-prima: as uvas. O profissional competente passa o maior tempo possível na vinha, seguindo a evolução da maturação e do sabor das uvas. A composição, qualidade e, frequentemente, o estilo de vinho a produzir são afetados pela casta de uva, pelas condições do local, solo e clima, disponibilidade de água e nutrientes, parede vegetativa e desenvolvimento radicular, entre outros. A correta avaliação do efeito destas condicionantes sobre a qualidade da uva é uma parte essencial do processo de produção do vinho. Isto, no entanto, é tornado difícil pela extrema dificuldade criada pelo grande número de plantas individuais com que um enólogo se depara numa vinha, o que

levanta, por si só, um número importante de problemas, logo à partida, em termos de uma correta amostragem, a qual deverá representar, a partir de um número razoável de plantas amostradas, o estado de maturação de toda a vinha em análise (Rankine, 1989a). Adicionalmente, num dado momento, a qualidade de todas as uvas dessa vinha é muito heterogénea, variando entre os bagos de cada cacho, entre os cachos de cada planta e entre as diversas plantas. Esta questão torna-se particularmente relevante quando se pretende gerir com eficiência e precisão o processo enológico a partir de uma área significativa (de vários hectares) de vinhas.

A Região Demarcada do Douro estende-se por cerca de 250 000 ha de território no Nordeste de Portugal, caracterizando-se por ser uma região montanhosa com condições mesológicas e climáticas particulares. Essas características condicionam o aproveitamento económico dos recursos naturais e das atividades aí desenvolvidas, nomeadamente, a produção de uvas e de vinhos, cuja qualidade é fortemente dependente das condições específicas (solo e clima) dos locais onde as vinhas são cultivadas. Se, por um lado, as condições dos solos são praticamente estáveis ao longo do tempo, já o clima varia significativamente de ano para ano e durante o ciclo vegetativo em cada ano, condicionando a composição das uvas durante o decurso da maturação, o que, por sua vez, determina, em função do momento da colheita, as características do mosto (açúcar, acidez, teor em antocianinas, polifenóis, entre outros) e do vinho a produzir. Essa variação climática deriva de fenómenos associados à circulação geral da atmosfera e da própria orografia da região: altitude do local, exposição e inclinação das vertentes, para citar apenas alguns e, assume particular importância na última fase do ciclo vegetativo: a maturação, que habitualmente ocorre nos meses mais quentes do ano (Julho a Setembro) (Jones, 2012).

O viticultor preocupado em aumentar a eficiência da sua gestão técnica, satisfazendo critérios enológicos, é, assim, confrontado com fatores estáticos (solos) e dinâmicos (clima) que afetam o sucesso da sua decisão de planeamento de vindima. As decisões que tem de tomar nesta fase da campanha anual (marcação de datas, escolha da sequência de castas e locais a vindimar, contratação de pessoal sazonal, logística de máquinas e equipamentos, gestão das capacidades de receção da adega, escolha de uvas para diferentes tipos de vinhos, etc.) criam um complexo processo com múltiplas variáveis, muitas desconhecidas ou em rápida mutação no período considerado. A cartografia, em sistema de informação geográfica, da informação histórica e atual ao seu dispor relativa a características das vinhas, oferece-lhe uma importante

ferramenta para apoio à sua decisão, permitindo-lhe visualizar, em suporte geográfico adequado, a distribuição espacial da informação relativa ao comportamento qualitativo das suas vinhas (Foote & Lynch, 1999). Este tipo de *software*, inicialmente oneroso e necessitando de um treino adequado à sua utilização, treino este também ele de elevado custo, existe agora disponível sob a forma de produtos desenvolvidos em regime de colaboração voluntária - *open-source* (Open Source Initiative, 2012) - cada vez com maior capacidade de processamento e de representação da informação.

Torna-se, desta forma, possível para viticultores individuais ou pequenas empresas instalar nos seus computadores uma cópia destes programas, treinar-se no seu uso durante o tempo necessário e à medida das suas disponibilidades, sem qualquer custo.

Inúmeras soluções de sistemas de informação geográfica *open-source* são atualmente oferecidas a nível mundial. Uma pesquisa no motor de busca virtual Google por «open source gis software» listou quase 5 milhões de resultados (em 31-01-2014). Destes, na primeira página, ou seja, aqueles em que os algoritmos do motor de busca cooperativamente consideram mais relevantes, foram listados GRASS e Quantum GIS .

A gestão do período de vindima foi escolhida como tema do estudo pela necessidade que apresenta de um planeamento complexo, envolvendo informação diversa (análises de maturação às uvas, resultados históricos da qualidade dos vinhos, representação geográfica de talhões de vinha, suas castas e seus solos, previsões meteorológicas, condições logísticas, etc.), numa janela temporal reduzida e numa situação de permanente mutação até à tomada de decisão final.

Nesta dissertação, propõe-se a aplicação de um sistema de informação geográfica *open-source* para representar espacialmente a evolução da maturação das uvas num determinado ano, face à média da sua evolução em anos anteriores, como ferramenta de apoio à decisão e planeamento da vindima em propriedades vitícolas de elevada complexidade e diversidade. Do nosso conhecimento, é a primeira vez que tal abordagem é praticada nestas condições, a qual poderá resultar numa nova metodologia, de fácil acesso e disseminação a nível regional, com potencial para incrementar a eficiência e a rentabilidade da operação da vindima, uma operação onerosa para o produtor que converte o “valor qualitativo” existente na uva em “valor de mercado” no vinho que dela resulta.

1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.1. Sistemas de informação geográfica

Um sistema de informação geográfica (SIG) é uma base de dados digital referenciada primariamente por um sistema comum de coordenadas espaciais, onde toda a informação se encontra ligada a uma referência espacial e que, por isso, usa georreferências como o seu principal meio de armazenamento e consulta de informação. Estes sistemas funcionam como tecnologias integradoras, permitindo aos geógrafos a integração dos seus dados e métodos respeitando formas tradicionais de análise geográfica, tais como análises de sobreposição, ao mesmo tempo que permitem novos tipos de análise e modelação que se encontram fora do alcance dos métodos manuais. Com um SIG é possível cartografar, modelar, procurar e analisar grandes quantidades de dados dentro de uma única base de dados coerente e integrada (Foote & Lynch, 1999).

A base de um SIG consiste na conjugação de uma base gráfica, que compreende a localização geográfica e a forma dos objectos, com uma base de dados, que contém o conjunto de variáveis que caracterizam cada um dos objectos em estudo. Assim, um projeto SIG é composto por uma série de camadas de informação espacial em formato digital que representam diversas variáveis ou objetos aos quais correspondem várias entradas numa base de dados associada. Recorrendo a rotinas que integram os programas (*software*) que permitem criar e gerir projetos SIG, consegue-se realizar operações entre as camadas e assim obter resultados em formatos vectorial, matricial (imagem) ou em tabelas que podem ser usados na elaboração de análises multivariável e no desenvolvimento de modelos temáticos. Desta forma, entende-se que os SIG são mais do que simples ferramentas de aquisição, armazenagem, manipulação e apresentação de mapas (Llopis, 2006).

Os SIG apoiam a compreensão de como diferentes fatores agem e respondem às influências naturais bem como a ações e controlos racionais no espaço onde se situam. Neste contexto, a integração é a combinação de dados e sistemas de análise partilhados onde a informação utilizada e as decisões tomadas num local afetam o que acontece noutra. O seu poder deriva da integração de dados espaciais com dados descritivos respeitantes a fenómenos espacialmente distribuídos, sejam eles de ocorrência natural ou provocada. Através de ferramentas sofisticadas de análise espacial de que dispõem, obtém-se uma base para processos de gestão em diversas indústrias, seja pela gestão de recursos geograficamente

distribuídos, seja pela dependência do conhecimento de fenómenos geográficos (Smith & Firms, 1998).

Atualmente, os SIG são utilizados numa gama de aplicações de largo espectro e já não são encarados como pertencentes apenas ao domínio dos especialistas. Sistemas de gestão de bases de dados relacionais, anteriormente restringidos a tipos de dados numéricos e textuais, suportam agora dados espaciais, incluindo imagens fixas e móveis georreferenciadas. Estes sistemas são utilizados por urbanistas, analistas de tendências económicas, topógrafos, arquitetos, engenheiros de *design*, agrónomos, agricultores e viticultores, por entre muitos outros profissionais. A integração destes sistemas com sensores eletrónicos desenvolveu exponencialmente as capacidades de registo e utilização de dados, aumentando o volume de dados descritivos das áreas analisadas, produzindo informação mais precisa e atempada que, por sua vez, permite tomadas de decisão mais eficazes e eficientes (Shanmuganathan, *et al.* 2008)

Os modelos de dados mais comuns para a realização de um modelo geográfico em SIG são os vetoriais e os matriciais. Os modelos vetoriais são representações bidimensionais de objetos estáticos com fronteiras bem definidas. São habitualmente de três tipos: pontos, linhas e polígonos. O ponto é o elemento básico deste tipo de representação sendo definido pelas suas coordenadas cartesianas. As linhas e os polígonos são sucessões de pontos, abertas no primeiro caso e fechadas no segundo. Os modelos matriciais compartimentam o espaço em células regulares em que cada uma representa um único valor (Rocha, 2010). Este último é o formato normalmente utilizado para a representação de imagens de satélite e fotografias aéreas (Sastre Olmos, 2010).

Sendo um projeto SIG um conjunto de informação georreferenciada, é fundamental que se defina o sistema de coordenadas a utilizar, o qual inclui a projeção cartográfica (que define a forma como a superfície curva da Terra é representada numa superfície bidimensional plana), as unidades (por exemplo, metros), o meridiano central, a zona e, caso pertinente, uma falsa origem para que as coordenadas sejam sempre positivas (Rocha, 2010).

Sistemas geográficos digitais como Google Earth (Google Inc., Mountain View, CA, EUA), WorldWind (NASA, Moffett Field, CA, EUA), ArcGIS Explorer (ESRI, Redlands, CA, EUA), Skyline Globe (GEOBIS, Miami, FL, EUA) ou Microsoft Virtual Earth (Microsoft Inc., Redmond, WA, EUA) são apenas os mais conhecidos por entre mais de 40 identificados em 2007 (Aurambout & Pettit, 2008) que testemunham um crescente interesse do público em

geral por estas tecnologias. O mais popular, Google Earth, foi descarregado mil milhões de vezes desde o seu lançamento em 2005 até 5 de Outubro de 2011 (McClendon, 2011). Esta banalização da geografia assistida por computador, gratuita, fácil e atraente, aumentou a capacidade do público interagir com objetos e conceitos geográficos, fornecendo uma interface eficaz e intuitiva para a comunicação de cientistas e gestores com o grande público. Mais ainda, a utilização de Google Earth é considerada como tendo a capacidade de fomentar a conceção espacial e o desenvolvimento de competências críticas de tecnologia e raciocínio. A sua utilização na aprendizagem é considerada cada vez mais importante para a visualização espacial e para o domínio de competências geográficas (Reifke, 2009).

Ainda que alguns autores manifestem relutância em aceitar que produtos como Google Earth possam ser considerados SIG por, entre outras razões, não incluírem a possibilidade de realizar operações e transformações dos dados representados (Avraam, 2009; Reifke, 2009) a evolução recente com a inclusão de cada vez mais funcionalidades está a esbater as fronteiras e a colocar cada vez maior poder de manipulação de dados georreferenciados nos seus utilizadores (Gorman, 2008), resultando numa simbiose bidirecional com múltiplas aplicações, desde a saúde pública (Chang, et al., 2009) à modelização de pragas agrícolas, das alterações climática e da pedologia (Aurambout & Pettit, 2008) ou à monitorização da biodiversidade (Reifke, 2009). Como mostrado por esta última autora, é possível trabalhar dados em aplicações SIG e gerar resultados em ficheiros KML que são visualizáveis com Google Earth e, assim, acessíveis a uma população de utilizadores significativamente mais vasta.

Parece, assim, ser possível presumir que a ubiquidade, gratuidade e facilidade de utilização do Google Earth estão a endogeneizar rapidamente conceitos e procedimentos de manipulação de dados e objetos geográficos que facilitam e promovem a utilização de SIG por um número crescente de pessoas, a nível mundial, sem formação especializada, abrindo um campo vasto de novas aplicações e serviços nos mais variados campos de atividade social e empresarial.

Adicionalmente, paralelamente aos sistemas comerciais como ArcGIS (ESRI, Redlands, CA, EUA) existem atualmente diversos sistemas *open-source* (Open Source Initiative, 2012) que propõem a tecnologia sem custos, o que ainda a tornam mais acessível, atraente e disseminada. São exemplos destes sistemas Quantum GIS (www.qgis.org), GRASS (<http://grass.osgeo.org>) ou MapWindow (www.mapwindow.org). Para uma lista completa de soluções SIG *open-source*, consultar <http://opensource.gis>.

1.2. Gestão da vindima em função da qualidade da uva

Para além de quaisquer considerações de gestão quantitativa da vindima, os vinhos e as uvas utilizadas para os produzir são produtos altamente diferenciados, influenciados por uma gama vasta de fatores. Vinhos de alta qualidade, independentemente de como esta é definida, são o resultado da confluência de importantes atributos, incluindo a qualidade da uva. Em qualquer caso, o conhecimento da qualidade da uva utilizada para produzir os vinhos é de importância crítica pois a qualidade do vinho encontra-se fortemente relacionada com a qualidade obtida na vindima (Figura 1). Os maiores desafios para a indústria vitivinícola incluem a previsão da maturação ótima para a produção das quantidades necessárias de vinho com o estilo desejado, assim como a compreensão das relações entre a composição das uvas e as preferências por vinhos dos consumidores (Rankine, 1989b; Zoecklein, 2010).

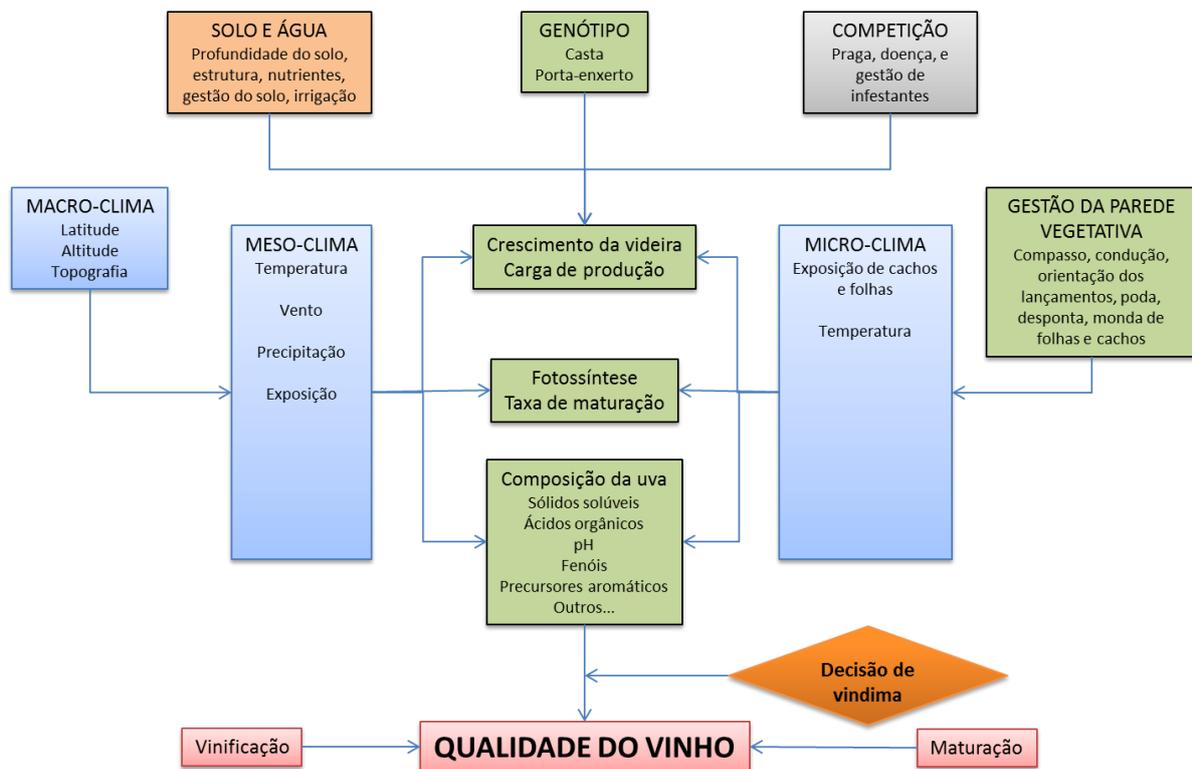


Figura 1 - Condicionantes ambientais e vitícolas da composição da uva e da qualidade do vinho. Adaptado de (Jackson & Lombard, 1993)

Uma das primeiras questões que se colocam ao produtor de uvas diz respeito à fixação da data de início da vindima. Considera-se mesmo esta decisão como a mais importante decisão vitícola a realizar em cada ano (Jackson, 2000), sendo a vindima o passo irrevogável que liga a viticultura com a enologia (Boulton, *et al.*, 1996). Por razões de organização do trabalho é

frequentemente necessário determiná-la com bastante antecedência, o que não é fácil de fazer. Cada tipo de vinho corresponde a um caso particular de colheita: por exemplo, uvas destinadas a vinhos licorosos deverão ficar na videira mais tempo do que aquelas destinadas, por exemplo, a vinhos secos (Rankine, 1989b), o que necessita ainda de ser ponderado em função das quantidades a produzir. Compreende-se, assim, que a maturação não seja um conceito preciso e universal, variando entre tipos de vinhos e entre regiões geográficas. Adicionalmente, cada casta responde de forma própria aos fatores abióticos (por exemplo, as condições climáticas) e bióticos (por exemplo, os ataques de doenças e pragas). Ora, sendo o estado sanitário determinante, este não pode ser conhecido com antecedência. Finalmente, as vindimas duram vários dias ou mesmo várias semanas e pode ser necessário antecipar o seu início para evitar que terminem demasiado tarde (Peynaud, 1981), ou que se perca produtividade através, por exemplo, de desidratação dos bagos.

1.2.1. Planeamento

A composição das uvas, quando vindimadas, estabelece limites ao potencial de qualidade do vinho a produzir. A decisão de vindimar e o planeamento da operação de vindima tornam-se muito críticos quando diferentes tipos de uva são vindimados concorrentemente (Jackson, 2000). A obtenção da ótima maturação enológica é função das castas, das condições ambientais e do tipo de vinho a produzir, pelo que o seu seguimento a partir do estado fenológico denominado por pintor – estado M (Baggiolini, 1952) – permitirá ao viticultor organizar a colheita tendo em conta diferentes níveis de maturação. Esta informação é completada por um controlo analítico realizado sobre as uvas (Ribéreau-Gayon *et al.*, 1998).

No estabelecimento de um planeamento de vindima é essencial responder a um conjunto de questões operacionais, entre as quais, a prioridade de colheita entre diversos talhões, que talhões devem ser vinificados isoladamente e quais juntar em função da sua aptidão para o tipo de vinho desejado (Iland *et al.*, 2004).

Em operações de escala comercial, a decisão de vindima não é apenas função da composição da uva passível de produzir a máxima qualidade do vinho. Na maior parte das adegas, este é um período bastante atarefado. Questões de logística, bem como de capacidade de processamento e armazenagem podem forçar compromissos: disponibilidade de pessoal e máquinas, maturação simultânea de talhões onde se esperava diferenciação, acidentes

climáticos ou fitossanitários, necessidade de compensar deficiências entre as uvas de diferentes talhões, etc. (Boulton *et al.*, 1996). Há, ainda, que ponderar os níveis de produção para satisfazer as necessidades comerciais.

A maioria das vinhas comerciais encontra-se dividida em talhões de vindima. Na priorização destes talhões, o viticultor leva habitualmente em consideração a previsão do momento de maturação para cada talhão que necessita de ser controlado individualmente para permitir uma visão de conjunto de toda a vinha. Esta informação assim obtida de cada talhão, combinada com condições de exequibilidade operacional, é a informação de base para estabelecer um plano de vindima (Ford-Kapoor, 2010).

Conseguir um grande vinho encontra-se também intimamente ligado às condições meteorológicas durante a vindima e comporta, por isso, inevitavelmente, um significativo fator do acaso, uma vez que chuvas fortes incidentes em uvas maduras podem comprometer a qualidade, mesmo antes de se desenvolver podridão (Peynaud, 1981). Atualmente, a precisão das previsões meteorológicas aumentou significativamente e, dispondo de uma estação meteorológica automática, é mesmo possível obter previsões com atualizações atempadas específicas para o local onde se encontra a estação (IBERMETEO, Coimbra, Portugal). No entanto, estas previsões estão limitadas a, no máximo, 5 dias de antecedência, pelo que apenas podem ser utilizadas para afinações finais do plano e da sua execução.

1.2.2. Controlo de maturação

Existem duas formas para prever o início das vindimas: uma de longo prazo utilizando a duração do ciclo vegetativo e outra, durante o período de maturação seguindo, a intervalos periódicos, a evolução da composição das uvas (Peynaud, 1981).

A primeira, baseada numa certa coerência do ciclo vegetativo de cada casta em termos de histórico de condições médias, tem em conta o número de dias entre os estados fenológicos da floração e do pintor e entre este último e a maturação. Necessita, no entanto, de um número significativo de observações em vários anos para se poder determinar tendências independentemente da influência da variabilidade climática natural de ano para ano (Peynaud, 1981). Em Portugal existem alguns trabalhos que exploram esta abordagem, em função da casta (Lopes *et al.*, 2008) ou para o caso específico de uma vinha no concelho de Sabrosa

(Região Demarcada do Douro), onde foram determinados os valores da duração média cronológica e térmica, em 10 anos, do período floração – pintor, bem como o momento da maturação para as castas Tinta Barroca, Touriga Franca, Touriga Nacional e Tinta Roriz enxertadas em 3 porta-enxertos diferentes (Alves *et al.*, 2013).

A segunda consiste numa monitorização da maturação, realizado de forma mais precisa, bem adaptado a casos particulares, através da análise da composição do mosto obtido pelo esmagamento de bagos. É realizado de forma periódica, através de uma amostragem de um número pré-estabelecido de bagos ou cachos, o mais representativos possível da área em estudo, que são analisados em conjunto indicando um valor médio para essa área e para cada parâmetro (Peynaud, 1981).

No entanto, este valor médio esconde uma importante variação subjacente, tanto maior quanto maior e mais heterogénea for a área em análise. Os terrenos são variáveis e, por causa disso, também as vinhas o são (Bramley, 2010), sobretudo porque se encontram habitualmente localizadas em áreas de relevo complexo com significativa variabilidade espacial em termos de clima e solo (Tisseyre, 2013). A tecnologia moderna permite potencialmente a medição da qualidade em grandes áreas de vinha com uma resolução próxima à videira individual (Jackson, 2000) considerando assim a variabilidade com maior precisão.

Muitos profissionais consideram a uniformidade da maturação das uvas de um talhão como um aspeto-chave da sua qualidade pois, alegadamente, será mais fácil transformar um talhão homogéneo num vinho com o estilo pretendido do que um talhão possuindo uma gama de variação de níveis qualitativos. Adicionalmente, a capacidade de responder à procura do mercado, sobretudo em gamas de vinhos de preço elevado, é mais rentável do que vender vinhos desclassificados de categorias superiores por, na sua composição, ter sido incluída uma pequena proporção de uvas que não atingiam os atributos necessários. Em conformidade, um objectivo-chave da moderna gestão vitícola é garantir que, não apenas as uvas de uma vinha cumpram o nível pretendido mas também que todas as uvas dentro de um talhão em vindima estejam dentro das especificações estabelecidas, para delinear zonas de desempenho característico em termos dos atributos da composição da uva com impacto sensorial. A identificação de tais zonas permite a aplicação de práticas como vindima seletiva, na qual lotes de uvas da mesma vinha podem ser separados ou agrupados em função do preço de mercado ou do estilo de vinho a produzir ou, ainda, da tecnologia enológica com que irão ser transformadas (Bramley, 2010).

O crescimento do bago de uva (Figura 2) processa-se, desde o vingamento à maturação, segundo um duplo sigmóide, com uma inflexão no período do pintor, correspondente à fase em que o bago apresenta um aspeto translúcido (Magalhães, 2008). O ponto ótimo da maturação da uva ocorre quando a concentração relativa de certos compostos que condicionam o aroma e sabor é estimada como ideal para a produção de um estilo específico de vinho.

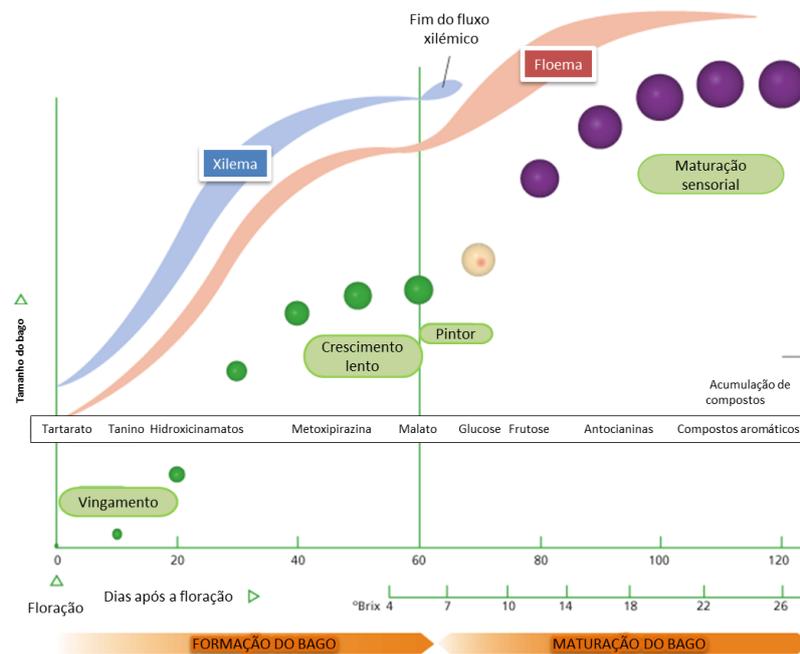


Figura 2 - Evolução do desenvolvimento do bago de uva. Adaptado de: Fregoni (1998), Kennedy (2002) e Magalhães (2008).

O ciclo de desenvolvimento do bago de uva passa por três fases (Ford-Kapoor, 2010):

- Uma primeira fase determinada por uma rápida divisão celular, crescimento das células e desenvolvimento do endosperma com acumulação de ácido tartárico e metoxipirazinas;
- Uma segunda fase assinalada por um abrandamento do crescimento e o desenvolvimento do embrião na grainha com acumulação de ácido málico e um pico na concentração de metoxipirazinas;
- Uma terceira fase, antecedida da mudança de coloração do bago (em variedades tintas de verde para vermelho, em variedades brancas de verde para uma aparência

translúcida), com o início da maturação, a acumulação de açúcares, compostos fenólicos e terpenoides e a redução dos teores em ácido málico e metoxipirazinas.

A uva é um fruto singular pelos altos teores em açúcares que possui (**Rankine, 1989b**). No decurso da maturação, a acumulação dos açúcares (sobretudo glucose e frutose, responsáveis pelo gosto doce do sumo da uva) aumenta até atingir um máximo, que permanece por algum tempo, dando depois lugar à sua concentração por desidratação. A definição deste momento em que termina a acumulação de açúcares no bago é muito importante, em cada casta, para a qualidade sensorial dos vinhos pois, se vindimadas imediatamente a seguir, irão produzir vinhos com aromas de fruta fresca enquanto, se vindimadas várias semanas após a sua ocorrência, os vinhos serão dominados por aromas de fruta madura e compota, característicos da fase da sobrematuração (Conde *et al.*, 2007; Magalhães, 2008; Deloire, 2011).

Juntamente com o peso e volume do bago de uva, os teores em açúcares são, assim, um dos principais indicadores a controlar durante o período de maturação por forma a obter a informação necessária para um correto planeamento da vindima em função dos tipos de vinhos a obter. Outro grupo de compostos importantes para este efeito são os ácidos orgânicos, principalmente, tartárico e málico, que representam mais de 90% da acidez total (Rankine, 1989b) e condicionam o pH do mosto (e, por isso mesmo, o sucesso do processo da fermentação alcoólica) (Ribéreau-Gayon *et al.*, 1998) bem como o do vinho e, assim, a sua estabilidade biológica e qualidade sensorial (Zoecklein *et al.*, 1999; Magalhães, 2008).

Os compostos fenólicos, pela importância que desempenham na qualidade química, biológica e sensorial do vinho, sobretudo do tinto, são igualmente um grupo de compostos que é cada vez mais habitualmente incorporado nas análises de controlo de maturação para planeamento da vindima (Ribéreau-Gayon *et al.*, 1998; Magalhães, 2008).

Ainda que os compostos precursores aromáticos como os terpenoides, os carotenoides, as pirazinas ou os tióis voláteis sejam de grande importância para a determinação do estilo sensorial dos vinhos a produzir (Boulton *et al.*, 1996) não existe atualmente um método de análise de simples implementação em adega, pelo que normalmente, estes compostos não são considerados, sendo o potencial de qualidade aromática avaliado pela prova da uva por enólogos com experiência (Ribéreau-Gayon *et al.*, 1998). Um método de análise do potencial em compostos precursores aromáticos foi desenvolvido na Austrália (Iland *et al.*, 1996;

Williams *et al.*, 1996) mas, além de apenas estar ao alcance de adegas equipadas com meios técnicos sofisticados e colaboradores com formação avançada em análise química instrumental, descreve apenas parcialmente o potencial aromático (Gishen & Damberg, 1998) e é afetado pela presença de teores elevados em antocianinas em uvas tintas (Jackson, 2000).

Vários métodos objetivos de avaliação sensorial da qualidade da uva têm sido propostos. Estes oferecem uma possibilidade de converter a avaliação sensorial dos bagos numa ferramenta auxiliar e complementar para a definição da aptidão da uva para diferentes estilos de vinhos tanto para fins comerciais como de investigação (Rousseau & Delteil, 2000; Winter *et al.*, 2004).

Conforme já referido acima, a variabilidade na vinha afeta a qualidade do vinho produzido a partir dela. Esta variabilidade existe simultaneamente numa dimensão espacial e temporal. A primeira deriva de diferenças de topografia, características do solo, práticas culturais, saúde das plantas e meso-climas. A segunda resulta de condições meteorológicas (anuais, sazonais e ocasionais), incidência de pragas e doenças e da mudança nas práticas culturais. Ainda que uma ligeira variabilidade espacial possa contribuir positivamente para o resultado final (através do aumento da complexidade do vinho), uma variabilidade significativa em termos de produção e qualidade, quando não gerida apropriadamente, resulta quase certamente em perdas económicas e problemas ambientais, nomeadamente, por ineficiências de gestão, incerteza sobre a produção final e inconsistência na qualidade da uva (Proffitt *et al.*, 2006).

Alguns profissionais de enologia, habituados ao produto líquido, são tentados a acreditar que uma uva pode ser representativa de toda uma vinha (Blouin & Guimberteau, 2000). Na verdade, métodos de amostragem, estatisticamente corretos, são necessários para uma avaliação objetiva da qualidade da uva na vinha (Zoecklein *et al.*, 1999). Muitos destes métodos, atualmente em uso, assumem que a variabilidade espacial na vinha é aleatória (Rankine, 1989a; Blouin & Guimberteau, 2000, Krstic *et al.*, 2003). No entanto, a qualidade da uva, tal como a produção, apresenta uma estrutura de variação espacial definindo zonas de qualidade idêntica e levando à assunção de que uma amostragem por zonas permitirá uma melhor tomada de decisão do que a amostragem aleatória (Proffitt *et al.*, 2006), levando alguns autores a defender, para maior consistência, a escolha de videiras específicas como referências da maturação em cada talhão (Zoecklein *et al.*, 1999).

A amostragem pode ser realizada recolhendo bagos, fragmentos de cachos, cachos inteiros ou toda a produção de uma videira. A quantidade recolhida em cada ponto de amostragem não vai influenciar o valor medido, sendo que a precisão deste é sobretudo influenciada pelo número de pontos de amostragem na área de vinha considerada (Rankine, 1989a; Blouin & Guimberteau, 2000). A maioria dos autores recomenda que a amostragem incida entre 40 a 200 pontos distintos, excluindo as videiras limítrofes e doentes, alternando as faces exposta e abrigada do sol, variando o ponto de recolha dos bagos ao longo do cacho entre o pedúnculo e a ponta e incluindo os bagos anormais ou atingidos pela podridão (Boulton *et al.*, 1996; Ribéreau-Gayon, *et al.*, 1998; Zoecklein *et al.*, 1999; Blouin & Guimberteau, 2000; Iland *et al.*, 2004; Ford-Kapoor, 2010).

1.3. A utilização de SIG num contexto de gestão enológica (viticultura de precisão)

Reconhecendo que a viticultura é inerentemente um processo geográfico, podem presentemente identificar-se três áreas de investigação, em viticultura, que utilizam técnicas geográficas (Figura 3): análise sobre a aptidão de locais para produção vitivinícola, identificação de talhões em vinhas já estabelecidas e viticultura de precisão.

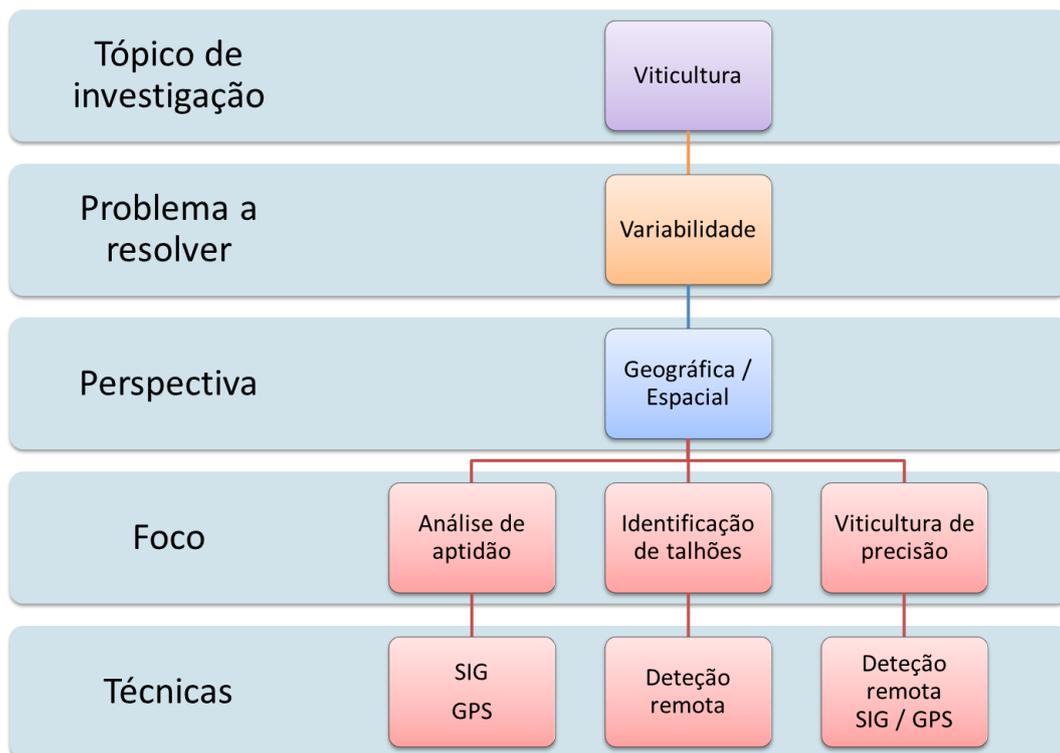


Figura 3 – As três principais linhas de investigação geográfica desenvolvidas em viticultura. Adaptado de (Mathews, 2013).

Nota: SIG: sistema de informação geográfica, GPS: *global positioning system*.

Esta última, derivando do conceito mais abrangente de agricultura de precisão, como se apresenta esquematicamente na Figura 4 (Proffitt et al., 2006) define-se como a utilização de dados georreferenciados para a gestão diferencial de uma vinha, mediante a aplicação, no local adequado e no momento oportuno, de um valor variável de algum fator de produção, com o objetivo de otimizar produção e qualidade, minimizando o impacto ambiental (Rodríguez-Rey, 2009).



Figura 4 – As três fases do processo cíclico da viticultura de precisão. Adaptado de (Proffitt *et al.*, 2006)

O objetivo fundamental da viticultura de precisão é o de usar informação detalhada sobre as características biofísicas inerentes e o desempenho de uma vinha, com alta resolução espacial, como base da gestão vitícola e do processo de decisão (Figura 4). A lógica subjacente é a de que, através da utilização desses dados espaciais, qualquer decisão de gestão terá uma maior probabilidade de conseguir o resultado pretendido ou esperado quando comparada com uma decisão similar realizada na ausência dos mesmos. Portanto, a viticultura de precisão promove maior controlo sobre os processos de produção de uvas e vinhos, em particular, apoiando a capacidade de os viticultores cumprirem critérios enológicos (Bramley, 2010).

Uma consequência da variabilidade intra- e inter-regional existente no sector económico ligado à produção de vinhos é uma tendência para valorizar uma «noção de origem» como forma de estabelecer um ponto de diferença para os vinhos de cada produtor num mercado que é cada vez mais competitivo. Através de uma geo-localização exata, a viticultura de precisão oferece aos enólogos as ferramentas para reproduzirem vinhos de sucesso ou, por outras palavras, um meio de promover e utilizar uma «noção de origem» com maior fundamento. Finalmente, sendo um sistema de produção perene e fixo, as vinhas são particularmente adaptadas a uma estratégia de viticultura de precisão, uma vez que as observações de anos anteriores podem servir eficazmente de base para a definição de estratégias para os anos seguintes, por forma a passar de uma gestão reativa para uma gestão proativa (Proffitt *et al.*, 2006).

A viticultura de precisão é uma área em que competências de viticultores e enólogos na interpretação do comportamento da vinha e na avaliação da aptidão enológica das uvas produzidas são complementadas por engenheiros e geógrafos na correta interpretação dos dados obtidos pela aplicação de SIG à gestão enológica (Taylor *et al.*, 2005).

As principais atividades de gestão enológica que, por terem relação com o local de origem ou com a variabilidade das uvas, são afetadas pela gestão vitícola e podem, por isso, ser positivamente influenciadas pela utilização de um SIG numa abordagem de viticultura de precisão, foram postuladas (Smith & Firms, 1998):

- Segmentação das uvas, através da monitorização e controlo de áreas específicas da vinha e/ou por seleção durante a colheita,
- Associação (por mistura) de lotes de uvas diferentes para obter estilo e complexidade nos vinhos,
- Análises às uvas e vinhos e relatórios periódicos para controlo de resultados,
- Registos e rastreabilidade de resultados, desde a origem na vinha até ao momento de consumo.

Antes de se decidir utilizar um SIG para uma qualquer aplicação é importante avaliar a pertinência e a adequabilidade dessa abordagem em função dos objetivos a atingir e enquadrar os meios a utilizar numa análise de custo / benefício (Aranha, 2006). As soluções *open-source* oferecem uma via menos onerosa do que as soluções comerciais, aumentando a gama de aplicações de SIG mesmo para quem disponha de meios reduzidos, por exemplo, viticultores individuais.

Presentemente, a forma mais utilizada de aplicação de SIG na gestão enológica consiste na identificação e mapeamento de zonas de vigor diferente (por meio de análise multiespectral e índices derivados como o *Normalized Difference Vegetation Index* – NDVI ou o *Plant Cell Density* – PCD, que permitem uma medição da biomassa fotossinteticamente ativa) ou de zonas com produtividades diferentes (expressos em kg/ha ou ton/ha, medidos por sensores de produção instalados a bordo de máquinas de vindimar). A assunção é a de que tanto o vigor como a produção afetam a qualidade da uva, variando os primeiros na razão inversa da segunda (Bramley, 2010).

No entanto, a relação não é linear, porque o que está em causa, mais do que o valor da área foliar ou a produção de uvas, *per se*, é o equilíbrio entre ambos. Videiras com acesso a níveis elevados de água e nutrientes são altamente vigorosas e podem produzir cachos maiores, mas o excesso de produção leva-as a não produzir suficiente quantidade de açúcares para amadurecer completamente, atrasando o processo da maturação que pode, inclusive, nunca ser atingida. Nos casos em que atinge, a maturação acontece semanas mais tarde do que o pretendido e com uma qualidade significativamente reduzida. Por outro lado, o excesso de vigor produz demasiada folhagem criando sombreamento adicional com reflexos na fertilidade da planta e nas produções em anos subsequentes, o que limita a estabilidade temporal da estrutura espacial da variabilidade. Assim, a produção de uvas com qualidade comparável é possível para uma gama vasta de valores de vigor e produção (Krstic *et al.*, 2003), como é comprovado pelos resultados obtidos para a correlação (r^2 entre 0.19 e 0.35) entre NDVI, cor e compostos fenólicos (Lamb *et al.*, 2004) ou a determinação de valores médios próximos para características qualitativas em áreas com variação de produção entre 2 e 20 ton / ha, ou seja do simples para 10 vezes mais (Bramley & Hamilton, 2004).

Estes mesmos autores mostraram, num trabalho subsequente, utilizando técnicas de SIG, que a gama de variação espacial em parâmetros qualitativos (sólidos solúveis, pH, acidez total, antocianinas, compostos fenólicos e peso do bago) de duas vinhas australianas é significativamente menor do que a encontrada para a produção, não passando na maioria dos casos do simples para o triplo (caso das antocianinas) ou para 5 vezes mais (caso do peso do bago). Demonstraram ainda uma clara estrutura espacial na distribuição desta variabilidade com aceitável estabilidade temporal. O peso dos bagos é proposto como o único indicador que pode fornecer simultaneamente informação sobre a produção e a qualidade, uma vez que bagos mais pequenos estão normalmente associados a maior qualidade (Bramley, 2005).

Numa abordagem diferente, investigadores da universidade de Utah utilizaram SIG para representar um modelo de regressão para conseguir realizar predições explícitas da distribuição do isótopo ^{18}O em vinhos produzidos nos estados norte-americanos de Washington, Oregon e Califórnia. O modelo consegue determinar a origem geográfica e a colheita do vinho por comparação com a distribuição espacial dos valores do mesmo isótopo na precipitação natural naquelas regiões (West *et al.*, 2007).

No Alentejo, um trabalho recente abordou a estrutura espacial de parâmetros qualitativos da uva, para reconhecer as áreas suscetíveis de produção de vinhos de qualidade superior, a partir

de amostragens cujos resultados foram interpolados espacialmente (krigagem) gerando mapas para cada parâmetro que, por sobreposição, permitiram identificar áreas que cumpriram condições suficientes para a qualidade pretendida. O trabalho, no entanto, utilizou um *software* SIG bastante oneroso (ArcView e ArcGIS da ESRI) e fora do alcance da maior parte dos pequenos produtores (Braga, 2009).

Um trabalho realizado na região espanhola de Priorat utilizou SIG juntamente com detecção remota para demonstrar o efeito induzido pela introdução de terraços horizontais em vinhas de encosta no aumento da variabilidade do vigor das plantas e, presumivelmente, na qualidade das uvas aí produzidas, relacionando-a com as alterações ao solo causadas pela alteração do perfil natural da encosta (Martínez-Casnovas *et al.*, 2010).

Mais recentemente, investigadores australianos e neo-zelandeses integraram a variabilidade espacial com a variabilidade temporal da qualidade de uvas brancas da casta Sauvignon Blanc em vinhas da Nova Zelândia, derivando um índice integrado da qualidade da uva cuja variabilidade espacial foi analisada em comparação com o índice PCD e o modelo de elevação. Conseguiu-se, desta forma, uma poderosa ferramenta que permite aos enólogos gerir de forma mais eficiente os períodos de maturação e vindimas (Trought & Bramley, 2011).

Do nosso conhecimento, até à data não foram publicados quaisquer trabalhos sobre as estruturas, espacial e temporal, da variabilidade da qualidade de uvas tintas em propriedades vitícolas na Região Demarcada do Douro, nem sobre a utilização de SIG *open-source* no apoio à gestão enológica da produção dos seus vinhos.

2. LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO

Este trabalho foi realizado em duas áreas de uma propriedade vitícola, geridas em conjunto, com um total de 156 ha de vinha (Figura 5), compreendidas entre as coordenadas 41.045 N ; 7.050 W e 41.013 N ; 7.011W (sistema de coordenadas geográficas WGS84), localizadas no concelho de Vila Nova de Foz Côa, sub-região do Douro Superior, Região Demarcada do Douro em Portugal e aptas à produção de vinhos com denominação de origem Porto e Douro.

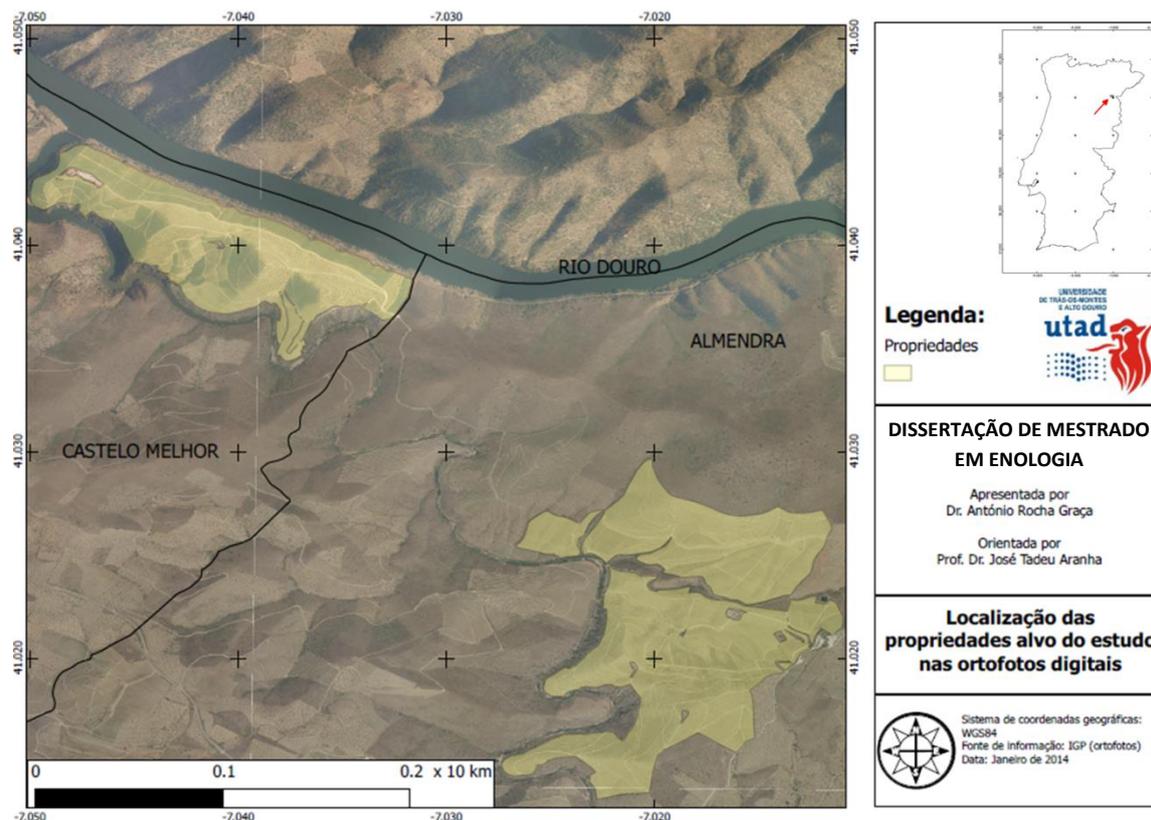


Figura 5 – Enquadramento do local de estudo em Portugal Continental e identificação dos limites das propriedades

2.1. Clima e geomorfologia

A sub-região do Douro Superior é a maior (110 000 ha) das 3 sub-regiões da Região Demarcada do Douro (Magalhães, 2008), mas é a que possui menor percentagem de área sob exploração vitícola (10 215 ha, 9,3%) (IVDP, 2012).

O seu clima é mediterrânico, com Verão quente e seco, proporcionando boas condições para a produção quer de Vinhos do Porto quer de vinhos aptos à denominação de origem Douro, frequentemente realizados por meio de lotes de uvas de diferentes altitudes (Magalhães,

2008). Num trabalho publicado recentemente, indica-se para esta sub-região, considerando as medianas de uma série climática de 1950 a 2000, uma temperatura do ciclo vegetativo de 18.0°C, uma precipitação total anual de 832 mm (apenas 317 mm durante o ciclo vegetativo) e um índice de Huglin de 2200 (Jones & Alves, 2013).

Os solos são de origem xisto-grauváquicos pré-ordovícios sendo classificados como Leptosolos quando incultos e Antrossolos quando cultivados. Ao contrário do resto da Região Demarcada do Douro, a sub-região do Douro Superior apresenta, normalmente, solos com pH próximo da neutralidade (Magalhães, 2008). No caso da propriedade em análise, um levantamento dos seus solos à escala 1:7 500 foi realizado pelo autor no âmbito de outro trabalho, determinando-se que os seus substratos geológicos (Figura 6), além dos já mencionados xistos-grauváquicos também são constituídos, em algumas zonas, por quartzitos, quartzos e rochas siliciosas (1% da área), xistos e calcários encrustados (4.1%) e argilas associadas a filões de ferro (6,1%), dando origem a um total de 19 pedologias diferentes (Graça & Pessanha, 2011). De acordo com medições feitas no local, os seus pH (H₂O) variam entre 7,8 e 9,1.

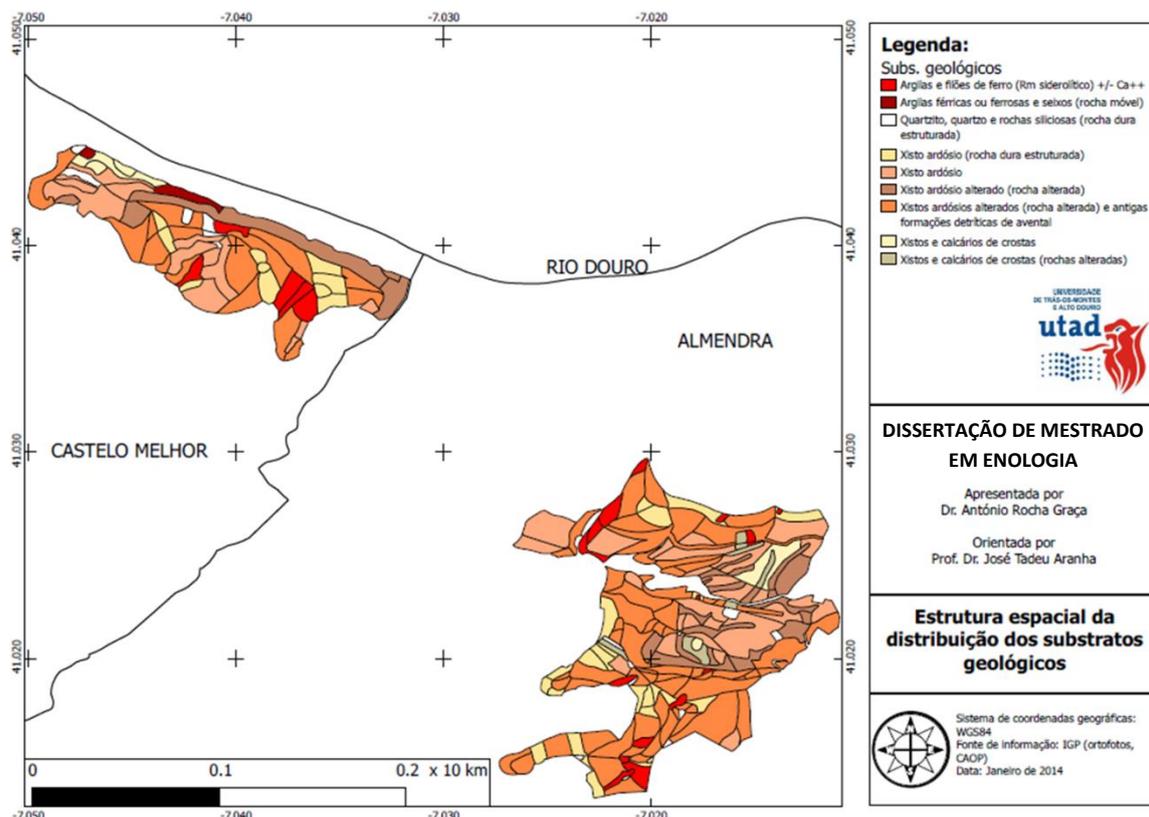


Figura 6 - Substratos geológicos da propriedade em estudo

Pela análise de um modelo digital de terreno (Instituto Geográfico Português, Lisboa, 2009) verifica-se que a geomorfologia da área da propriedade em estudo é acidentada, sendo que dentro dos seus limites, a altitude varia entre os 126 e os 337 metros e a inclinação natural das encostas entre 0 e 76%. A distribuição espacial das exposições das vertentes é mostrada na Figura 7.

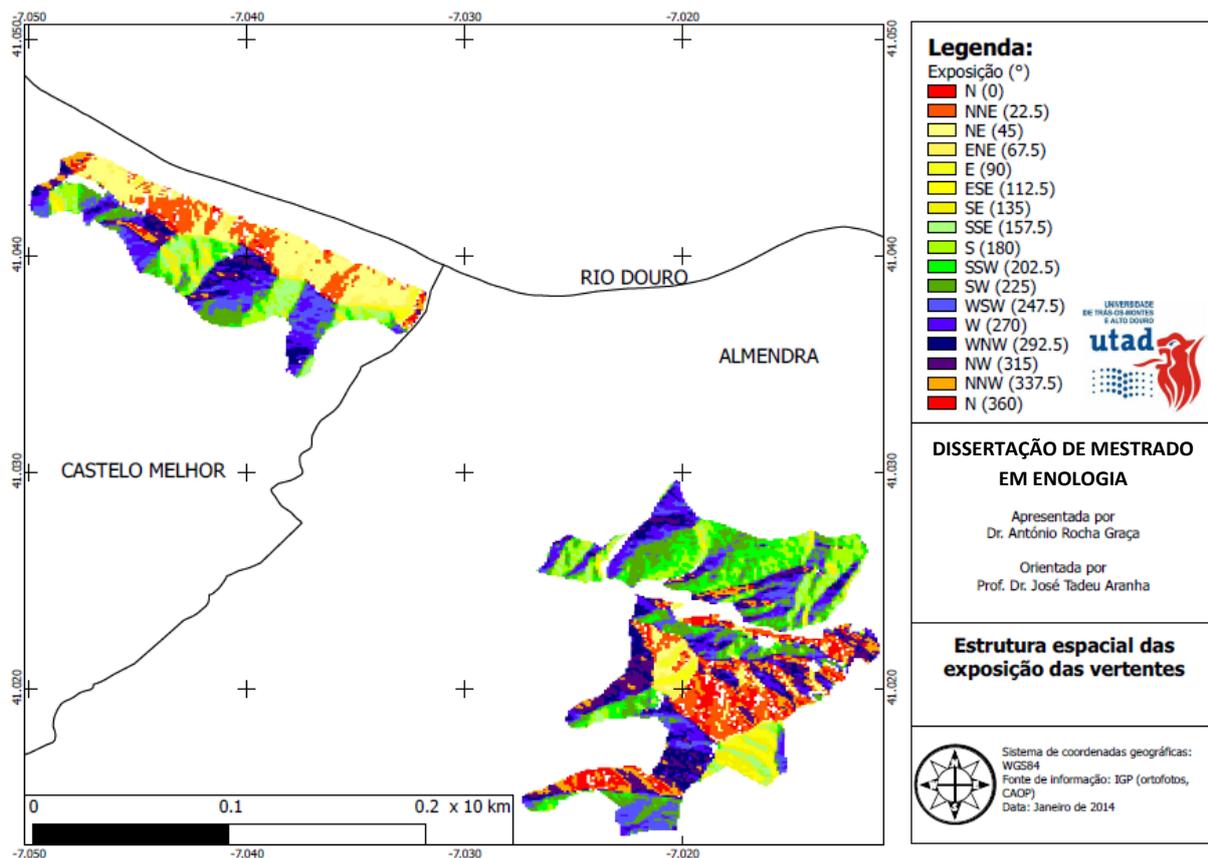


Figura 7 - Exposições das vertentes na propriedade em estudo

A sistematização das vinhas na encosta obedece à geomorfologia dos locais, sendo que existem sistemas de vinha ao alto (32% da área de vinha), patamares de 2 bardos (53%), patamares de 1 bardo (3%). Os restantes 12% encontram-se em áreas planas.

2.2. Encepamento

A propriedade em estudo é uma vinha moderna, plantada a partir do final da década de 1970 pelo que, das 116 castas autorizadas para plantação na Região Demarcada do Douro (Magalhães, 2008), o seu encepamento conta principalmente com 4 castas: Touriga Nacional

(33%), Tinta Roriz (31%), Touriga Franca (28%) e Tinta Barroca (4%). O restante encepamento possui quantidades pequenas de outras castas, onde se destacam Tinto Cão e Rufete.

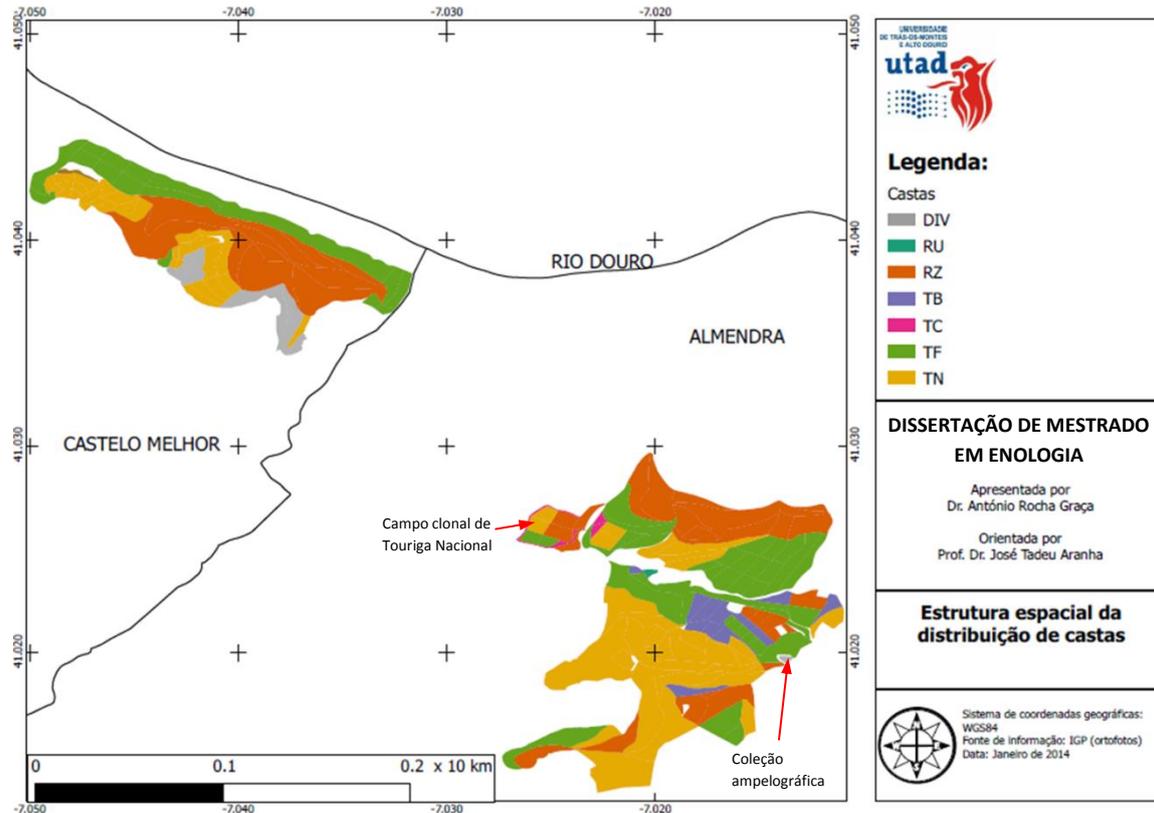


Figura 8 – Castas na propriedade em estudo (DIV – Mistura de castas, RU: Rufete – PRT52106, RZ: Tinta Roriz – PRT52603, TB: Tinta Barroca – PRT52905, TC: Tinto Cão – PRT53307, TF: Touriga Franca – PRT52205, TN: Touriga Nacional – PRT52206)

Para evitar que a introdução dos sistemas modernos de gestão vitícola contribua para a erosão genética do património nacional de castas autóctones (Eiras-Dias *et al.*, 1998), os proprietários participam desde os anos 1980 em trabalhos de conservação e estudo da variabilidade das castas, inicialmente no âmbito da Rede Nacional de Seleção da Videira, atualmente, estando associados na Associação Portuguesa para a Diversidade da Videira (PORVID). Desta forma, nestas propriedades existe uma coleção ampelográfica de castas regionais e um talhão de estudo da variabilidade clonal da casta Touriga Nacional contando com 197 genótipos diferentes. Nesta última foram realizados estudos durante mais de 10 anos que resultaram na seleção de genótipos mais produtivos que asseguram, presentemente, o sucesso comercial desta casta a nível nacional e internacional (Martins *et al.*, 1998; Magalhães *et al.*, 1998; Eiras-Dias *et al.*, 1998; Martins, 2009; Martins, *et al.*, 2009).

As videiras encontram-se enxertadas em vários porta-enxertos, especificamente adaptados às condições ambientais do local: Paulsen 1103, Ripper 99 e 110, Castel 196-17 e Malègue 44-53. As datas de plantação de cada talhão variam entre 1980 e 2002. Os sistemas de condução utilizados são o Guyot duplo (dominante) e o cordão unilateral de Royat. Os compassos utilizados dependem do sistema de implantação de vinha podendo variar desde 2 m x 1 m (densidade de 5 000 plantas / ha) até 2,5 m x 1,1 m (densidade de 3 636 plantas / ha).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Controlo de maturação

Dados de qualidade da uva foram recolhidos anualmente, entre 2001 e 2011, em 30 talhões de vinha, escolhidas com base na experiência de anos anteriores, por forma a permitirem uma boa representação da maturação em função dos vinhos a produzir. Em cada ano, as análises foram repetidas semanalmente, uma a três semanas após a conclusão do pintor até à decisão de colheita ser executada. Foram escolhidos 30 talhões (Figura 9) que foram amostrados, pelo menos, 3 vezes até ao início da vindima de cada ano. Desses, 17 talhões foram amostrados 6 vezes em todos os anos.

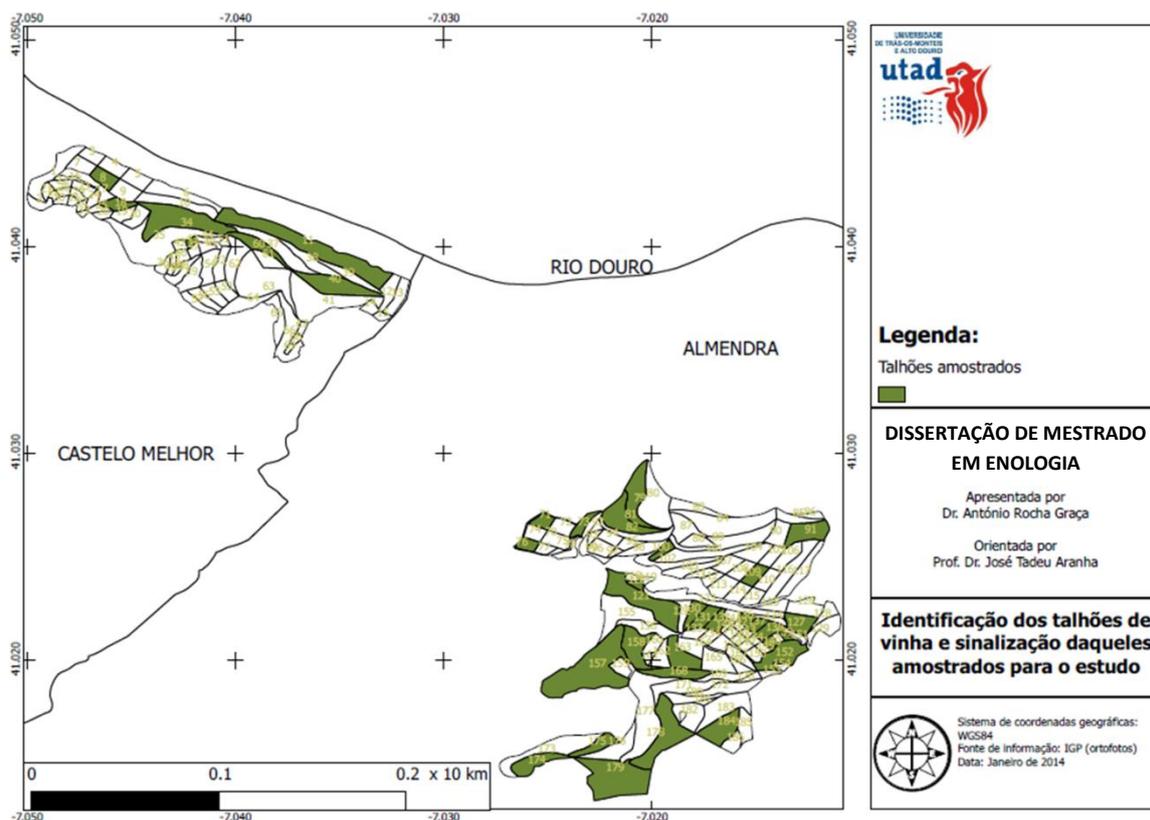


Figura 9 – Identificação dos talhões de vinha na propriedade em estudo

O método de amostragem foi desenvolvido adaptando métodos descritos na bibliografia (Peynaud, 1981; De Gaulejac et al., 1998; Zoecklein et al., 1999; Blouin & Guimberteau, 2000). As amostragens consistiram na recolha, em cada local escolhido, de 400 bagos que foram divididos em duas amostras de 200 bagos cada: uma (amostra 1) para análises ao peso do bago, açúcares e ácidos e a outra (amostra 2) para análise a compostos fenólicos. Para cada local, foram escolhidos e marcados dois bardos de videiras adjacentes, representativos do

talhão, de onde as amostras foram sempre recolhidas. Em cada amostra, os bagos foram apanhados manualmente e de forma aleatória, ao longo dos bardos, variando o lado exposto ao sol com o lado sombreado da parede vegetativa, e o ponto de recolha do cacho entre a zona próxima ao pedúnculo, o meio do cacho e a sua ponta, sendo posteriormente inseridos em sacos de plástico fechados, conservados em caixas térmicas com acumuladores de frio durante o transporte até ao laboratório que ocorreu no próprio dia da recolha.

As análises realizadas representam os indicadores da qualidade da uva habitualmente mais utilizados por profissionais em todo o mundo (Ribéreau-Gayon *et al.*, 1998; Proffitt *et al.*, 2006; Magalhães, 2008; Zoecklein, 2010).

Na amostra 1, usou-se uma balança KERN 4000-1 (Kern & Sohn, Balingen, Alemanha) para pesar os 200 bagos (resultados expressos como peso de 100 bagos – P100b) que foram subsequentemente esmagados e decantados usando uma prensa manual até á pressão de 3 bar.

O peso dos bagos reflete principalmente o seu teor em água e é uma medida indireta do grau de concentração de compostos da qualidade (Krstic *et al.*, 2003). No entanto, este valor necessita de ser considerado com os restantes indicados abaixo para uma correta avaliação do efeito do peso na qualidade, sendo que pesos baixos associados a restrições de água na vinha e ao conseqüente *stress* e desidratação são negativos para a qualidade (Iland *et al.*, 2004).

O mosto recolhido na prensa foi analisado aos seguintes parâmetros: açúcares, acidez total e pH.

Para a análise dos açúcares, usou-se um refratómetro ATAGO PTA-103 (ATAGO Co. Ltd. Tokyo, Japão) exprimindo-se o seu resultado em termos de percentagem de álcool provável (AP), considerando 1% de álcool provável como equivalente a 17 g/L de açúcar. Os açúcares dão uma indicação direta do potencial alcoólico do vinho obtido pela fermentação das uvas e são, por isso, o melhor e mais acessível indicador da qualidade da uva permitindo estabelecer a data provável de maturação em função do estilo de vinho pretendido (Krstic *et al.*, 2003).

A acidez total (AT) foi analisada por titulação de 10 mL da amostra com NaOH 0,1 N na presença de fenolftaleína com os resultados expressos em g/L de ácido tartárico, considerando 1 equivalente-grama de ácido tartárico igual a 75 g. A AT permite avaliar o grau de equilíbrio dos ácidos com os açúcares, sobretudo em termos de equilíbrio organolético (Krstic *et al.*, 2003).

O pH foi analisado com um potenciômetro digital CRISON Micro pH2002 (CRISON Instruments S.A., Alella, Barcelona, Espanha). O teor de pH é um importante indicador da estabilidade microbiológica dos mostos e influencia a cor dos vinhos (Krstic *et al.*, 2003).

Na amostra 2 procedeu-se à extração e análise dos compostos fenólicos de acordo com o método de Glories (Glories, 1984), modificado por Vivas de Gaulejac (De Gaulejac & Glories, 1998). O homogeneizador utilizado foi um Waring 8011S (Waring, South Shelton, CT, EUA), sendo o extrato filtrado por lã de rocha e papel de filtro Whatman 2V (GE Healthcare Bio-Sciences, Pittsburgh, PA, EUA). As análises espectrofotométricas foram realizadas utilizando um espectrofotómetro UV/VIS Pharmacia Biotec Ultrospec 2000 (Amersham Pharmacia Biotech Inc., Piscataway, NJ, EUA). Os resultados foram expressos em termos de antocianinas totais (ApH1 em mg/L), antocianinas extraíveis (ApH3,2 em mg/L) e índice de polifenóis totais (IPT). As antocianinas são os principais compostos responsáveis pela cor do vinho tinto. ApH1 exprime uma medição muito próxima do teor total de antocianinas totais do bago, representando o seu potencial máximo. A pH3,2 exprime o teor de antocianinas extraíveis a um pH próximo do mosto, permitindo uma antecipação das técnicas de maceração necessárias para uma correta extração de cor. IPT é um índice indireto da riqueza polifenólica total das uvas, sendo correlacionado, além das antocianinas, com outros compostos fenólicos como os ácidos fenólicos, flavonóis, flavanois, etc., com repercussão a nível da estabilidade da cor e de estímulos sensoriais como a adstringência e o gosto amargo (Glories, 1984).

3.2. Análise estatística e preparação de dados

Todos os dados foram compilados numa base de dados Microsoft EXCEL (Microsoft Corporation, Redmond, WA, EUA) e analisados estatisticamente, determinando-se a média e o desvio-padrão (Tabela 1 e ANEXO I).

Tabela 1 - Estatísticas sumárias dos valores médios de 11 anos dos parâmetros analíticos

Parâmetro	Mínimo	Média	Máximo	Amplitude	Desvio-padrão	CV%
<i>P100b (g)</i>	108	152	198	90	35	23%
<i>AT (g/L ac. Tart.)</i>	3.53	4.07	4.65	1.12	0.46	11%
<i>pH</i>	3.69	3.88	4.04	0.35	0.13	3%
<i>AP (%)</i>	11.00	13.15	15.67	4.67	1.11	8%
<i>ApH1 (mg/L)</i>	445.1	690.4	1026.0	580.9	218.2	21%
<i>ApH3,2 (mg/L)</i>	177.3	290.8	401.6	224.3	84.8	29%
<i>IPT</i>	25.09	36.28	53.65	28.56	8.09	22%

(P100b: peso de 100 bagos, AT: acidez total, AP: álcool provável, ApH1: antocianinas totais, ApH3,2: antocianinas extraíveis, IPT: índice de polifenóis totais, CV%: coeficiente de variação)

Para testar a hipótese de existência de uma relação entre os valores dos parâmetros analisados e a diferença em dias entre a data da amostragem e a data real da vindima (intervalo temporal), realizaram-se análises de regressão múltipla (Tabelas 2 e 3 e ANEXO II) em função desse intervalo, uma para os parâmetros de maturação tecnológica (P100b, AT, pH, AP), Equação 1, e uma outra para os parâmetros de maturação fenólica (ApH1, ApH3,2 e IPT), Equação 2.

$$\text{Dias} = 358.93 - 0.16 \text{ P100b} + 9.01 \text{ AT} - 67.06 \text{ pH} - 8.08 \text{ AP} \quad r_{aj}^2 = 0.9766 \quad \text{Eq. 1}$$

$$\text{Dias} = -30.65 - 0.34 \text{ ApH1} + 0.37 \text{ ApH3,2} + 4.84 \text{ IPT} \quad r_{aj}^2 = 0.7669 \quad \text{Eq. 2}$$

Sendo:

Dias – Número de dias entre a data de amostragem e a data da vindima

P100b – Peso de 100 bagos, em grama

AT – Acidez total, em grama de ácido tartárico por litro

pH – pH

AP – Álcool provável, em percentagem

ApH1 – Antocianinas totais, em miligrama por litro

ApH3,2 – Antocianinas extraíveis, em miligrama por litro

IPT – Índice de polifenóis totais

Tabela 2 – Modelo de regressão múltipla dos parâmetros de maturação tecnológica em função do intervalo temporal

Estatísticas da regressão		ANOVA da regressão		Regressão múltipla				
r^2	0.9953	<i>GL</i>	4		Coefficientes	DP	t	P
r_{aj}^2	0.9766	<i>SQ</i>	1114.755	<i>b</i>	358.935	212.296	1.691	0.340
<i>DP</i>	2.2903	<i>QM</i>	278.689	<i>P100b</i>	-0.156	0.339	-0.459	0.726
		<i>F</i>	53.131	<i>AT</i>	9.017	8.477	1.064	0.480
		<i>Sig. F</i>	0.102	<i>pH</i>	-67.059	50.264	-1.334	0.409
				<i>AP</i>	-8.081	5.165	-1.565	0.362

(r^2 : coeficiente de determinação, r_{aj}^2 : coeficiente de determinação ajustado, DP: desvio-padrão, GL: graus de liberdade, SQ: soma dos quadrados, QM: quadrado-médio, F / t / P: testes de significância estatística, b: constante da regressão)

Tabela 3 - Modelo de regressão múltipla dos parâmetros de maturação fenólica em função do intervalo temporal

Estatísticas da regressão		ANOVA da regressão		Regressão múltipla				
r^2	0.9067	<i>GL</i>	3		Coefficientes	DP	t	P
r_{aj}^2	0.7669	<i>SQ</i>	1015.557	<i>b</i>	-30.648	69.103	-0.444	0.701
<i>DP</i>	7.2264	<i>QM</i>	338.519	<i>ApH1</i>	-0.337	0.153	-2.201	0.159
		<i>F</i>	6.482	<i>ApH3,2</i>	0.368	0.179	2.059	0.176
		<i>Sig. F</i>	0.137	<i>IPT</i>	4.841	1.266	3.825	0.062

(r^2 : coeficiente de determinação, r_{aj}^2 : coeficiente de determinação ajustado, DP: desvio-padrão, GL: graus de liberdade, SQ: soma dos quadrados, QM: quadrado-médio, F / t / P: testes de significância estatística, b: constante da regressão)

As retas obtidas entre o número de dias (observados e estimados) (Figura 10) confirmam a hipótese e mostram uma maior correlação da data de vindima com os parâmetros de maturação tecnológica (a direita, $R^2 = 0.9953$), indicando que, no período considerado, foram estes mais prevalentes para a determinação da data de vindima do que os da maturação fenólica (a direita, $R^2 = 0.9067$).

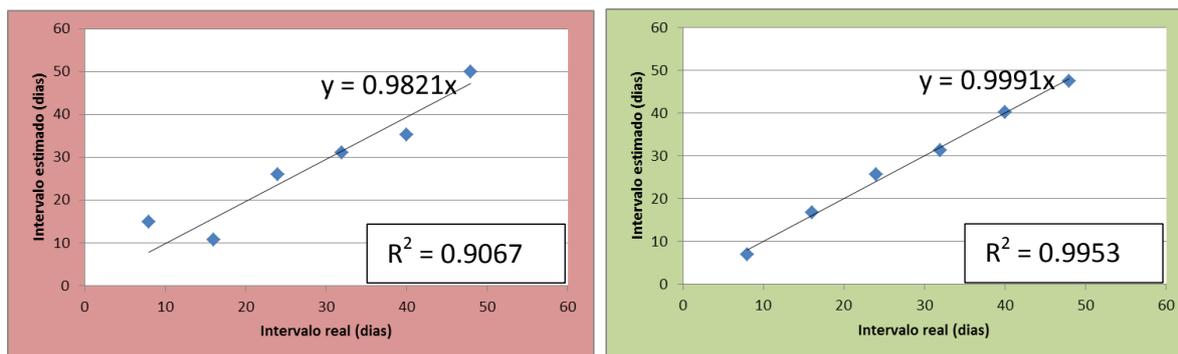


Figura 10 - Regressão múltipla usando parâmetros da qualidade da uva para estimar o intervalo em tempo até à data de vindima (à esquerda parâmetros de maturação fenólica, à direita parâmetros de maturação tecnológica).

3.3. Sistema de informação geográfica - SIG

O programa (*software*) SIG utilizado neste trabalho foi o Quantum GIS (QGIS) na sua versão 1.8.0 (Lisboa), executado num computador portátil Dell com processador Intel Core i3-2310M, velocidade de processamento de 2.1 GHz, 4 GB de memória RAM, capacidade de armazenamento em disco de 230 GB e placa gráfica Intel HD Graphics 3000. A escolha do *software* baseou-se na facilidade de utilização descrita por outros autores, inclusive em aplicações de viticultura de precisão (De Filippis *et al.*, 2010) e a vasta gama de ferramentas de processamento geográfico de que dispõe (Cavallini, 2007).

Utilizaram-se para a área de estudo 3 ortofotos digitais, com resolução espacial de 0,50 metro e radiométrica de RGB e infravermelho próximo, em secções de 4 x 5 km, formato matricial e referido ao sistema de coordenadas ETRS89-TM09 (European Terrestrial Reference System 1989): 001414Argbi_07, 01414Brgbi_07 e 001512Brgbi_07. Um modelo digital de elevação com espaçamento de 10 m, referido ao Datum 73 (altimétrico de Cascais) e ao elipsoide de Hayford e usando o sistema de coordenadas retangulares com projeção de Gauss-Krüger foi igualmente utilizado (Instituto Geográfico Português, 2007).

Para suporte ao trabalho realizado foi criado um projeto em QGIS usando o sistema de coordenadas de referência WGS84 (World Geodetic System), onde se carregaram as ortofotos digitais e o modelo digital de elevação, sob forma de camadas matriciais. Com base neste último, criaram-se modelos matriciais para a altitude, declive e exposição das vertentes das propriedades em estudo usando a funcionalidade de modelos de elevação do QGIS (gdaldem).

O projeto foi ainda actualizado com modelos vetoriais referentes aos talhões (dados de casta, ano de plantação, porta-enxertos, compasso, sistema de condução, sistematização da vinha) da propriedade e outro com as pedologias identificadas, oriundos de trabalho anterior (Graça & Pessanha, 2011).

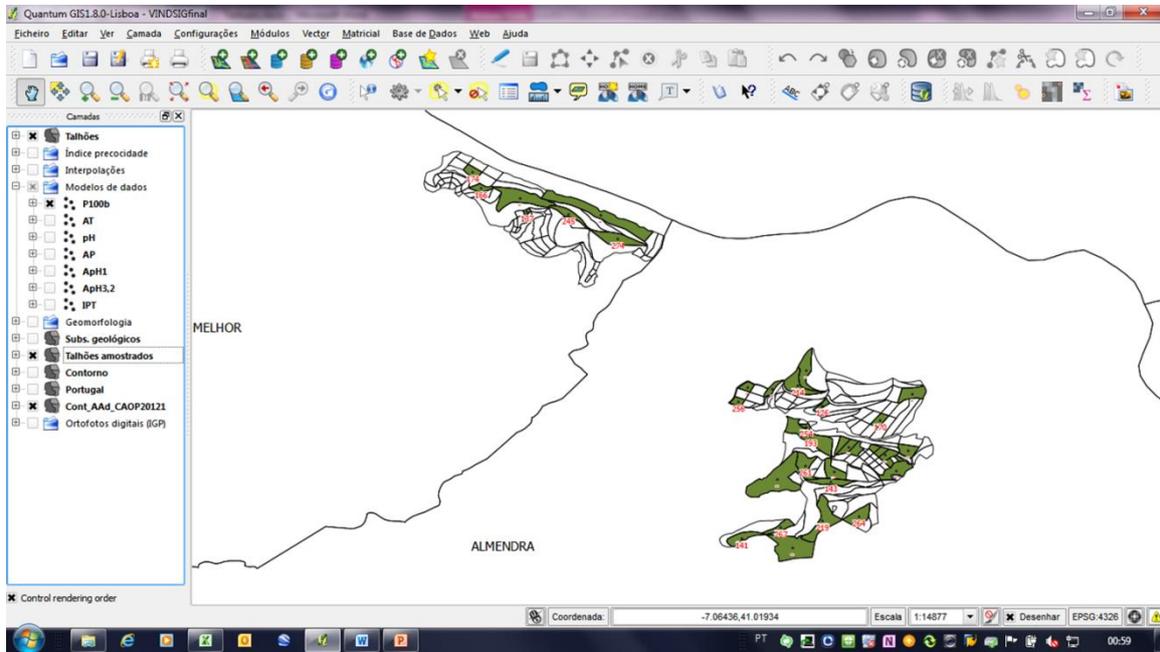


Figura 11 - Imagem do aspecto da interface gráfica do QGIS e do projeto SIG, neste caso, com valores de P100b (peso de 100 bagos)

3.4. Organização dos dados

Como primeiro passo (Figura 4, observação e recolha de dados) do processo cíclico definido para a viticultura de precisão (Proffitt *et al.*, 2006), para cada parâmetro da qualidade da uva analisado (P100b, AT, pH, AP, ApH1, ApH3,2 e IPT), criou-se um modelo vetorial de dados (limites dos 30 talhões) organizando a informação matricialmente: em linhas, os 30 talhões em estudo; em colunas, o valor médio de 11 anos para valores do intervalo temporal expresso em semanas (Figura 11). Para maior rapidez, os valores de dados foram copiados de Microsoft Excel para Microsoft Access (Microsoft Inc., Redmond, WA, EUA), sendo inseridos nas colunas respetivas do ficheiro de base de dados (.dbf) associado ao modelo, uma vez que o QGIS apenas permite copiar um valor de cada vez no seu editor de tabela de atributos.

NVTALHA /	SEM1	SEM2	SEM3	SEM4	SEM5	SEM6+
8	182	164	163	187	209	174
11	109	123	199	158	153	NULL
18	140	146	140	169	165	166
34	144	141	171	132	NULL	NULL
40	198	174	161	215	231	274
43	114	155	133	129	166	137
60	162	159	175	185	244	245
71	158	167	178	191	220	NULL
73	164	182	206	197	NULL	NULL
76	175	170	201	207	242	256
79	127	153	162	178	NULL	NULL
81	143	184	172	182	281	214
91	170	166	189	188	224	NULL
100	131	120	127	162	151	126
109	195	209	180	193	187	170
120	158	191	163	197	236	254
121	132	116	133	146	152	193
127	184	149	189	191	149	NULL
130	146	128	118	127	173	NULL
136	153	173	192	227	NULL	NULL
152	116	112	89	99	158	NULL
157	179	205	226	NULL	NULL	NULL
158	171	189	192	205	237	261
163	171	216	223	216	NULL	NULL
168	110	145	126	120	133	143
174	108	154	136	122	144	141
175	154	178	180	226	205	267
178	159	177	189	182	269	219
179	192	220	227	262	NULL	NULL
192	110	160	102	104	267	264

Figura 12 - Exemplo da tabela de atributos, neste caso do modelo de dados para P100b (peso de 100 bagos) no QGIS

Estes modelos de dados serviram de base às análises e à produção dos mapas realizados no âmbito deste trabalho.

3.5. Gradientes de cor

A legendagem dos mapas por gradientes de cor foi feita de acordo com as tabelas seguintes (Tabelas 4, 5 e 6). No caso do mapeamento dos parâmetros de qualidade enológica (P100b, AT, pH, AP, ApH1, ApH3,2 e IPT), optou-se por criar gradientes, que são expressos em coordenadas RGB, como uma melhoria em termos de utilização intuitiva por viticultores e enólogos relativamente aos únicos encontrados na bibliografia (Braga, 2009). Houve o cuidado de equilibrar um número mínimo de classes com a representação de informação consequente para o profissional de enologia e procurou seguir-se as regras de cor adaptadas à visualização por pessoas daltónicas, nomeadamente, evitando juntar tonalidades de cor vermelha e verde em áreas adjacentes (Proffitt *et al.*, 2006).

Tabela 4 – Gradientes de cor para parâmetros de geomorfologia

ALTITUDE				Símbolo	EXPOSIÇÃO				Cor	DECLIVE				Cor
Classe (m)	R(ed)	G(reen)	B(lue)		Classe (°)	R(ed)	G(reen)	B(lue)		Classe (%)	R(ed)	G(reen)	B(lue)	
123 - 178	170	255	255		0.0	255	0	0		5	0	170	0	
178 - 233	0	255	255		22.5	255	85	0		10	100	201	0	
233 - 287	255	255	127		45.0	255	255	127		15	0	255	127	
287 - 342	255	255	0		67.5	255	244	87		20	170	255	127	
342 - 397	170	255	127		90.0	244	255	25		25	255	255	199	
397 - 452	0	255	0		112.5	255	255	0		30	255	251	119	
452 - 507	85	170	127		135.0	242	242	0		35	255	234	2	
507 - 561	0	170	0		157.5	170	255	127		40	255	150	2	
561 - 616	170	85	0		180.0	170	255	0		45	200	0	55	
616 - 671	184	184	184		202.5	0	255	0		200	225	0	30	
					225.0	85	170	0						
					247.5	85	85	255						
					270.0	85	0	255						
					292.5	0	0	127						
					315.0	85	0	127						
					337.5	255	170	0						
					360.0	255	0	0						

Tabela 5 – Gradientes de cor para parâmetros de qualidade tecnológica da uva

PESO 100 BAGOS				Cor	ACIDEZ TOTAL				pH	Classe	R(ed)	G(reen)	B(lue)	Cor	ALCOOL PROVÁVEL				Cor
Classe (g)	R(ed)	G(reen)	B(lue)		Classe (g/L AT)	R(ed)	G(reen)	B(lue)							Classe (%)	R(ed)	G(reen)	B(lue)	
0	0	0	0		2.9	0	0	0	2.8	0	0	0		7.9	0	0	0		
80	155	155	155		3.0	94	0	126	2.9	255	200	201		8	170	255	0		
100	148	148	148		3.5	124	34	160	3.0	240	146	157		10	240	169	237		
120	148	136	147		4.0	206	82	255	3.1	235	97	129		12	204	0	255		
130	148	125	147		4.5	227	178	255	3.2	225	48	107		14	96	0	120		
140	148	113	146		5.0	251	192	255	3.3	215	0	89		16	48	0	60		
150	148	101	146		5.5	255	237	255	3.4	205	0	109							
160	148	90	145		6.0	200	255	197	3.5	195	0	120							
170	148	78	145		6.5	70	255	116	3.6	185	0	136							
180	148	67	144		7.0	2	148	0	3.7	175	0	146							
190	148	55	143						3.8	165	0	154							
200	148	32	142						3.9	153	0	155							
220	148	20	142						4.0	128	0	145							
1000	255	0	0						4.1	106	0	135							

Tabela 6 - Gradientes de cor para parâmetros de qualidade fenólica da uva

ANTOCIANINAS TOTAIS				Cor	ANTOCIANINAS EXTRAÍVEIS				Cor	ÍNDICE DE POLIFENÓIS TOTAIS				Cor
Classe (mg/L)	R(ed)	G(reen)	B(lue)		Classe (mg/L)	R(ed)	G(reen)	B(lue)		Classe	R(ed)	G(reen)	B(lue)	
0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0		
300	255	170	255		150	255	170	255		15	255	223	190	
600	255	0	127		250	255	0	127		30	255	190	125	
900	170	0	255		350	170	0	255		45	255	158	60	
1200	85	0	127		450	85	0	127		60	170	85	0	

Para cada modelo de dados, o gradiente respectivo foi introduzido no separador «Mapa de cores» da opção «Propriedades da camada» do QGIS.

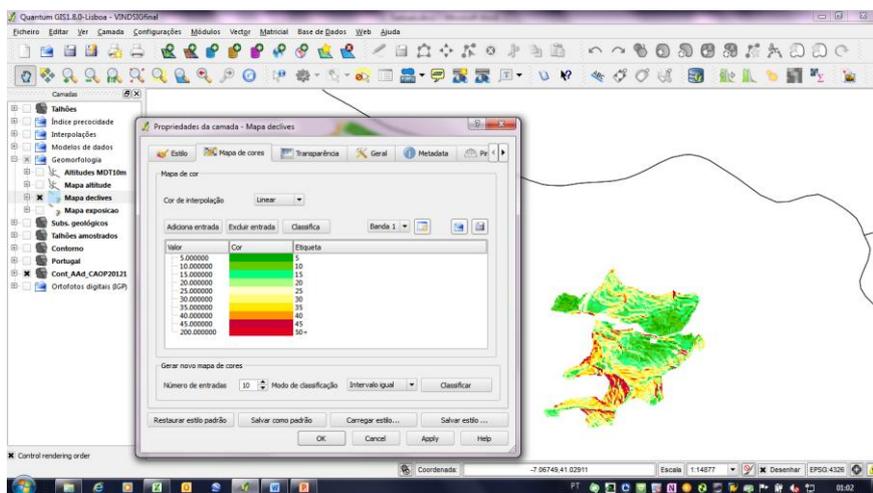


Figura 13 – Exemplo da construção de gradientes de cor em QGIS

4. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Para a elaboração de um plano de vindima por forma a otimizar a qualidade enológica, importa conhecer bem a expectativa da qualidade da uva em toda a área de produção considerada. O plano de vindima terá de ter em conta a sequência correta de colheita de uvas em função da data em que cada talhão atinge a qualidade desejada. Por outro lado e, por questões de logística de trabalho, transporte e vinificação, importará estabelecer a sequência de colheita usando como unidade base o talhão. Apenas em casos específicos de grande heterogeneidade ou de produção de vinho de topo de gama será pertinente dividir um talhão em função de diferenças qualitativas no seu interior. Em qualquer caso, a unidade mínima de colheita será sempre igual ao valor de capacidade do menor depósito de fermentação existente na adega.

Importa, assim, estabelecer critérios de qualidade em função dos indicadores utilizados (parâmetros de qualidade) que apoiem a classificação qualitativa dos talhões e monitorizem a sua evolução temporal. A comparação da estrutura espacial dos indicadores numa data determinada com os critérios estabelecidos, permitirá estimar a distância temporal à data de vindima e priorizar a colheita dos diversos talhões em função da sua maior ou menor conformidade aos critérios estabelecido.

4.1. Interpretação e avaliação de dados

O segundo passo do processo cíclico da viticultura de precisão (Figura 4) consiste na interpretação e avaliação de dados (Proffitt *et al.*, 2006). Para isso, com base na posição espacial dos valores médios de 11 anos de cada parâmetro da qualidade da uva (P100b, AT, pH, AP, ApH1, ApH3,2 e IPT) para cada ponto temporal considerado, reportado ao intervalo entre a data de amostragem e a data de vindima em semanas (SEM1 a SEM6), fez-se uma interpolação espacial, usando o algoritmo do inverso do quadrado da distância (Figura 14). Este método estima os valores em áreas não amostradas por interpolação dos valores obtidos nos locais amostrados e georreferenciados, ponderando-os de acordo com um modelo que descreve a variação dos dados observados em função da distância entre si. O modelo assume que quanto mais próximos se encontram os dados, maior é a sua interdependência. Inversamente, quanto mais afastados, menor será o efeito espacial mútuo (Bramley, 2005).

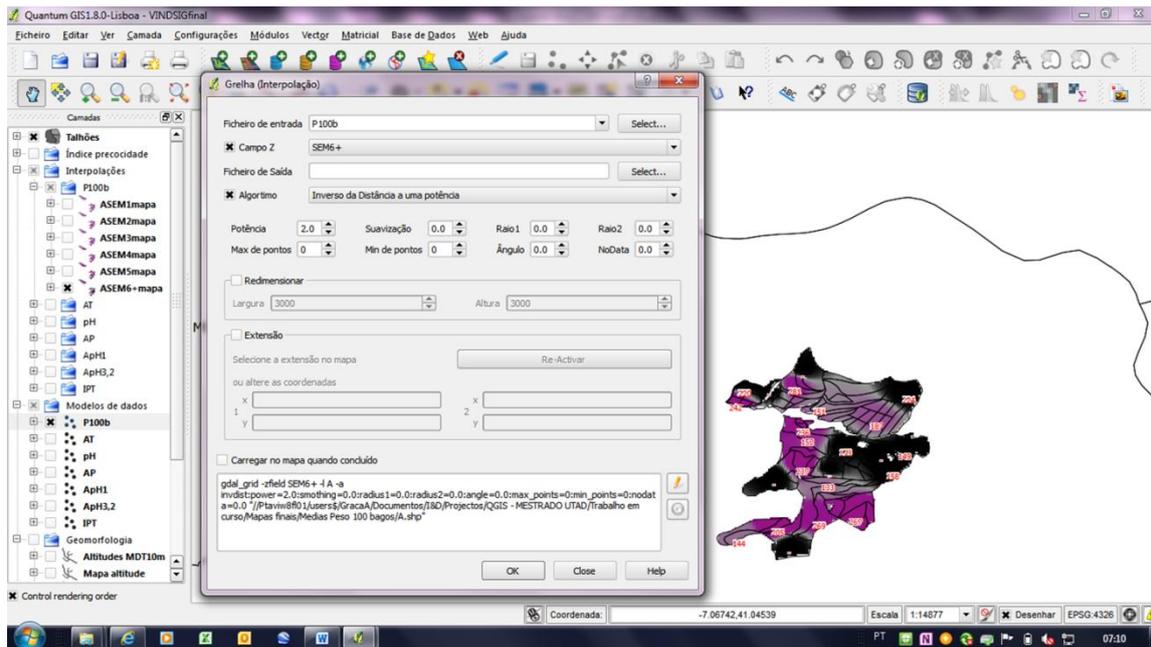


Figura 14 - Processo de interpolação espacial (Inverso do Quadrado das Distâncias -IQD) dos valores observados

Por este meio, obtiveram-se mapas (ANEXO III) que mostram a evolução temporal média de 11 anos, durante a maturação, da estrutura espacial de distribuição dos 7 parâmetros considerados na propriedade em estudo.

Encontrando-se a propriedade dividida em talhões de vindima, para o planeamento da sua colheita o estabelecimento da prioridade entre talhões é um fator importante para a eficiência da operação (Iland *et al.*, 2004). Esta definição irá permitir reservar atempadamente os meios logísticos necessários à sua execução, tendo em conta o local, os tempos de transporte, a disponibilidade de mão-de-obra, o tipo de vinho a produzir, a capacidade de processamento da adega e a situação climática (Boulton, Singleton, Bisson, & Kunkee, 1996). No caso em estudo, importa referir que, por ser uma situação de viticultura de montanha, toda a vindima é realizada manualmente e que o destino das uvas é a produção de vinhos tintos com denominação de origem Porto ou Douro. O condicionamento da operação de vindima por questões climáticas (Peynaud, 1981) reveste de grande importância a capacidade de se utilizarem previsões locais que, com boa fiabilidade, permitam antecipar a situação climática em cada dia de vindima. Atualmente, essas previsões estão disponíveis com antecipação de 5 dias mediante um serviço comercial (IBERMETEO, Coimbra) baseado nos dados de uma estação meteorológica automática instalada na propriedade alvo do estudo.

Assim, considerando que, na terceira fase de desenvolvimento do bago de uva, o ponto ótimo da sua maturação ocorre quando a concentração de alguns compostos, com efeito no aroma e sabor, é estimada como ideal para a produção de um estilo específico de vinho (Ford-Kapoor, 2010), importava analisar se nesta propriedade existia variabilidade espacial que justificasse o estabelecimento de um plano de vindima com ordenação cronológica dos talhões a vindimar, em função da qualidade e aptidão das suas uvas para produzir os vinhos pretendidos.

Isto, por si só, no entanto, apenas demonstra que a variabilidade total é maior em alguns parâmetros do que noutros, não informando sobre a sua distribuição espacial (Proffitt *et al.*, 2006).

Para este efeito, estimou-se, através do método do inverso do quadrado das distâncias, a estrutura de distribuição espacial dos valores médios de 11 anos para os parâmetros da qualidade da uva a 1 semana de intervalo entre a data de amostragem e a data de vindima (Figuras 15 a 21).

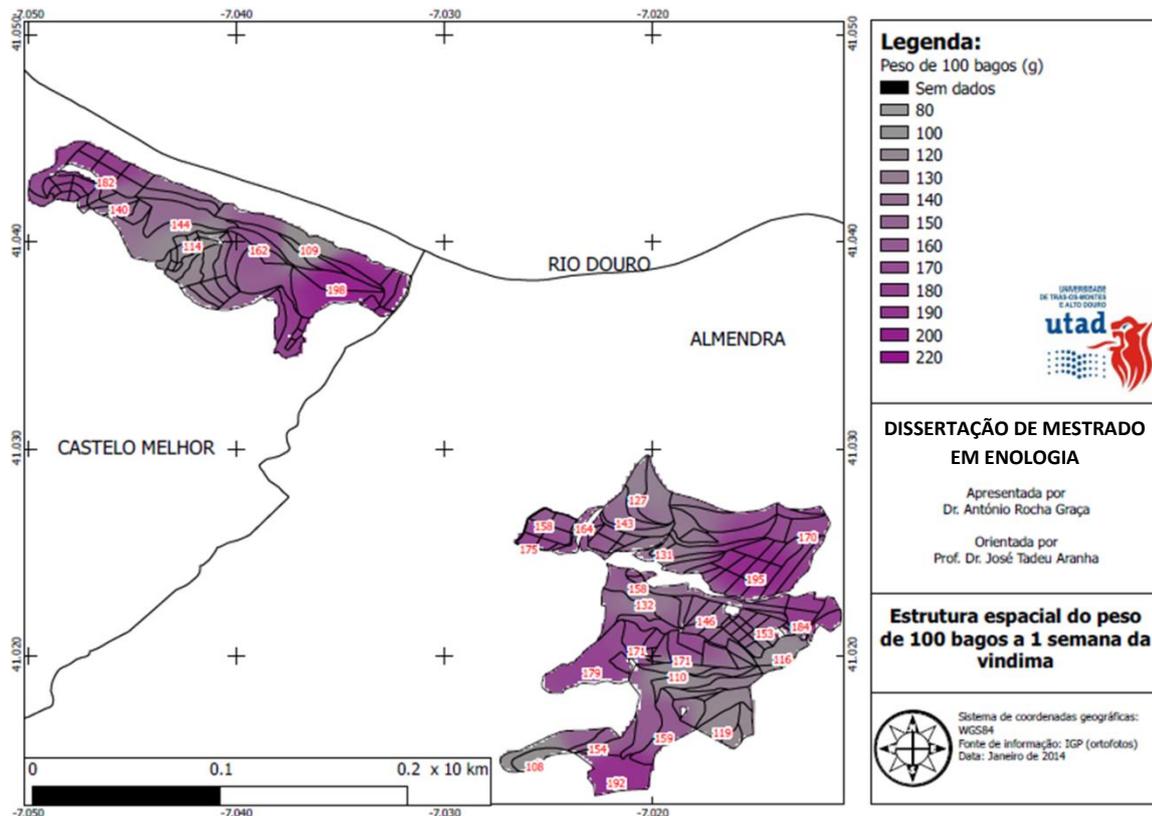


Figura 15 - Estrutura espacial de P100b

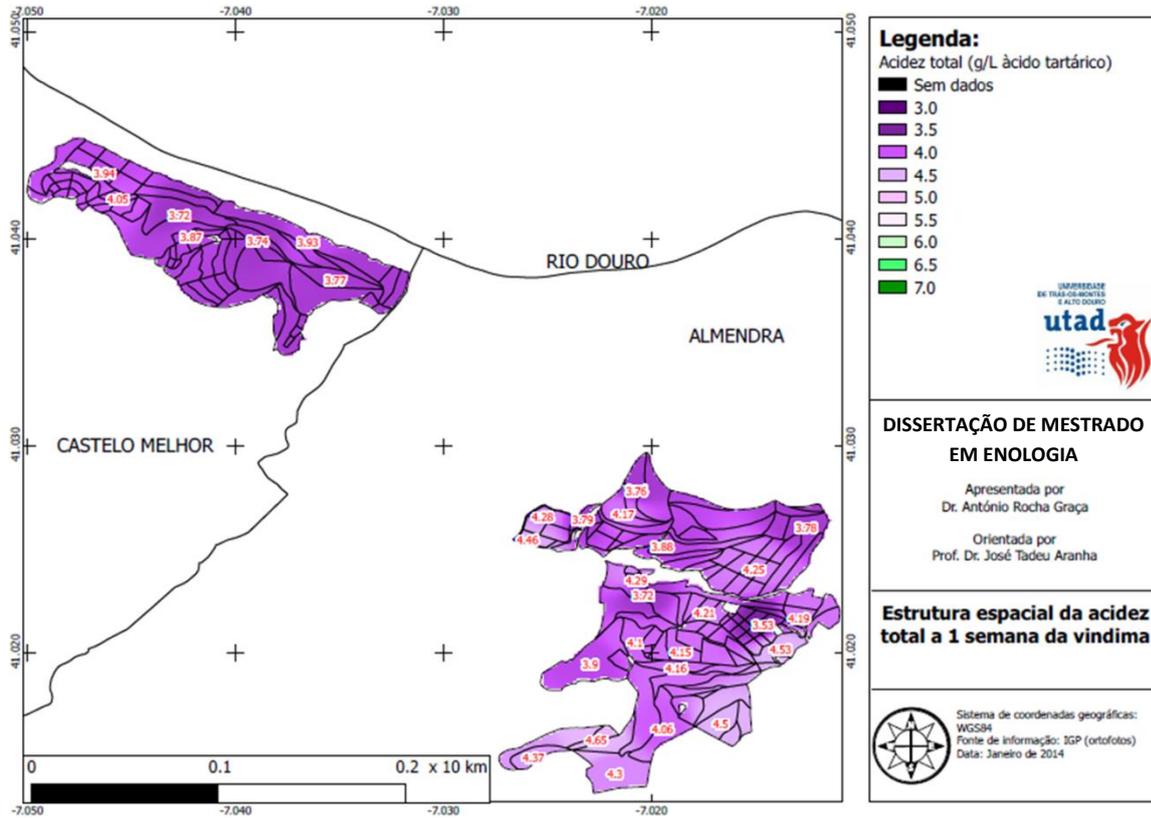


Figura 16 - Estrutura espacial de AT

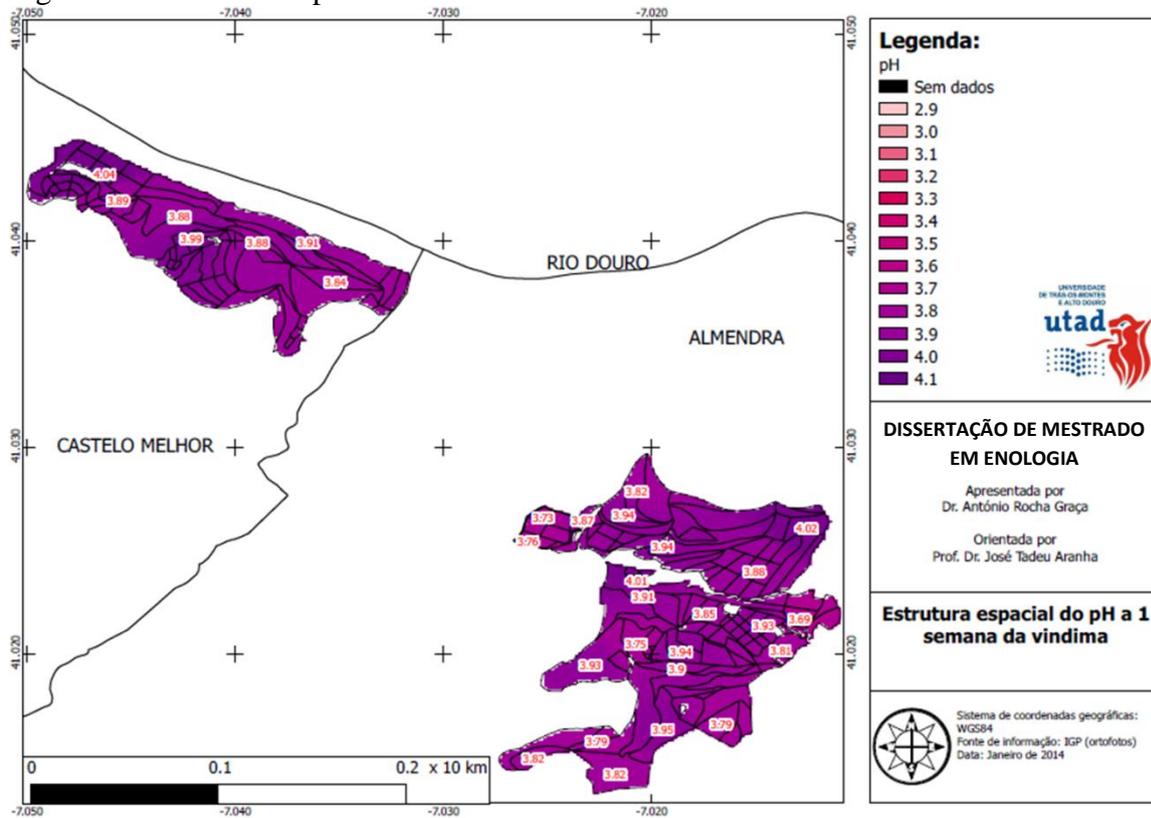


Figura 17 - Estrutura espacial de pH

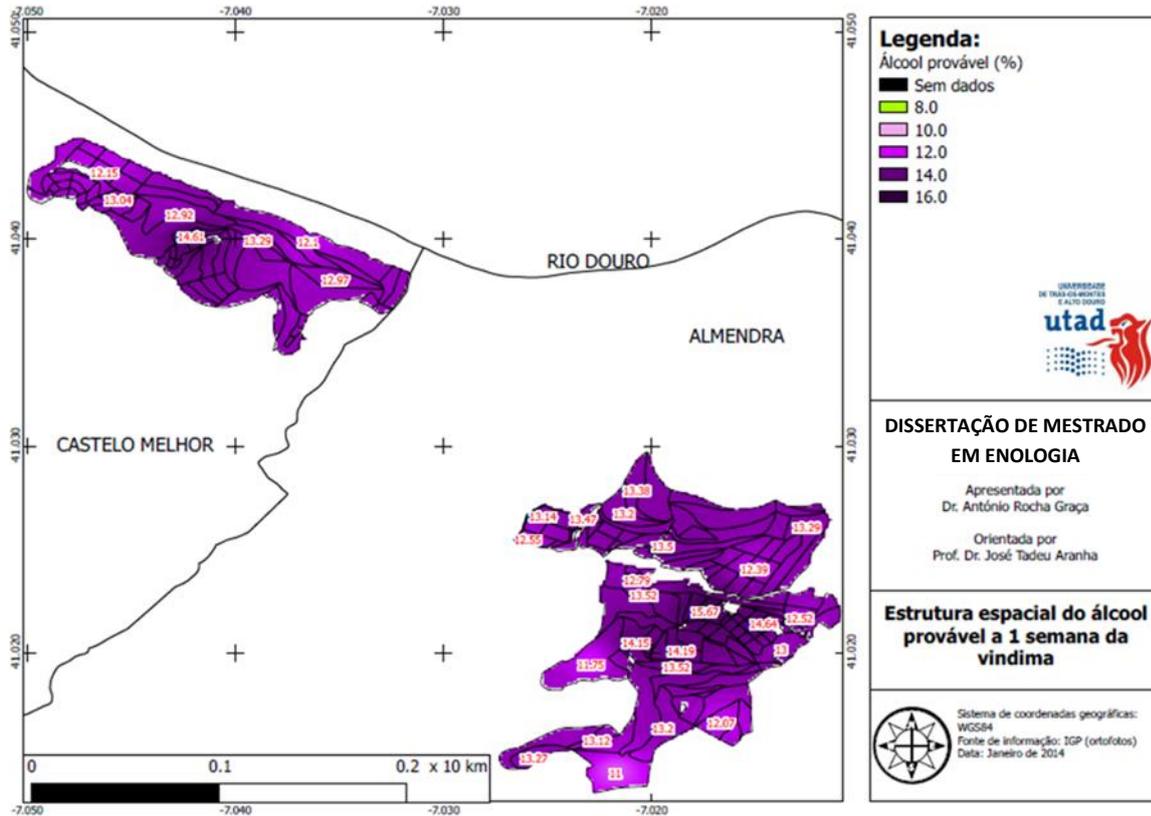


Figura 18 - Estrutura espacial de AP

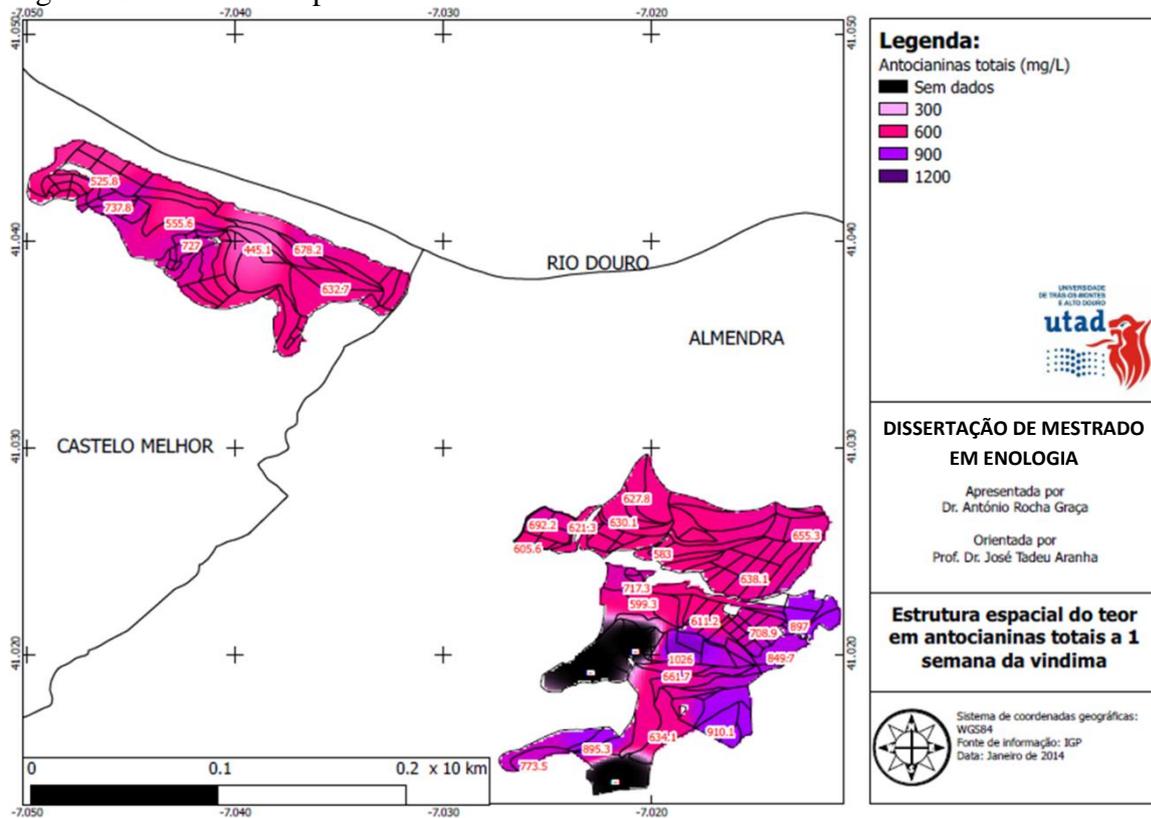


Figura 19 - Estrutura espacial de ApH1

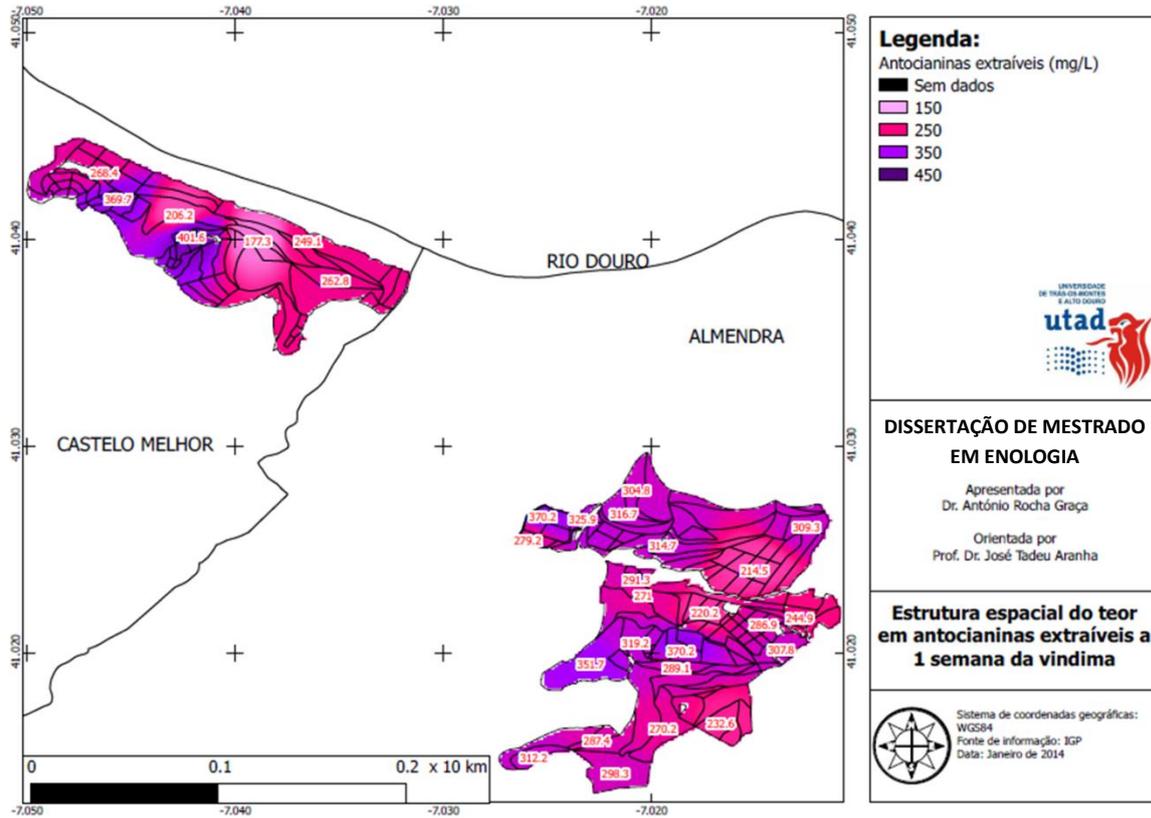


Figura 20 - Estrutura espacial de ApH3,2

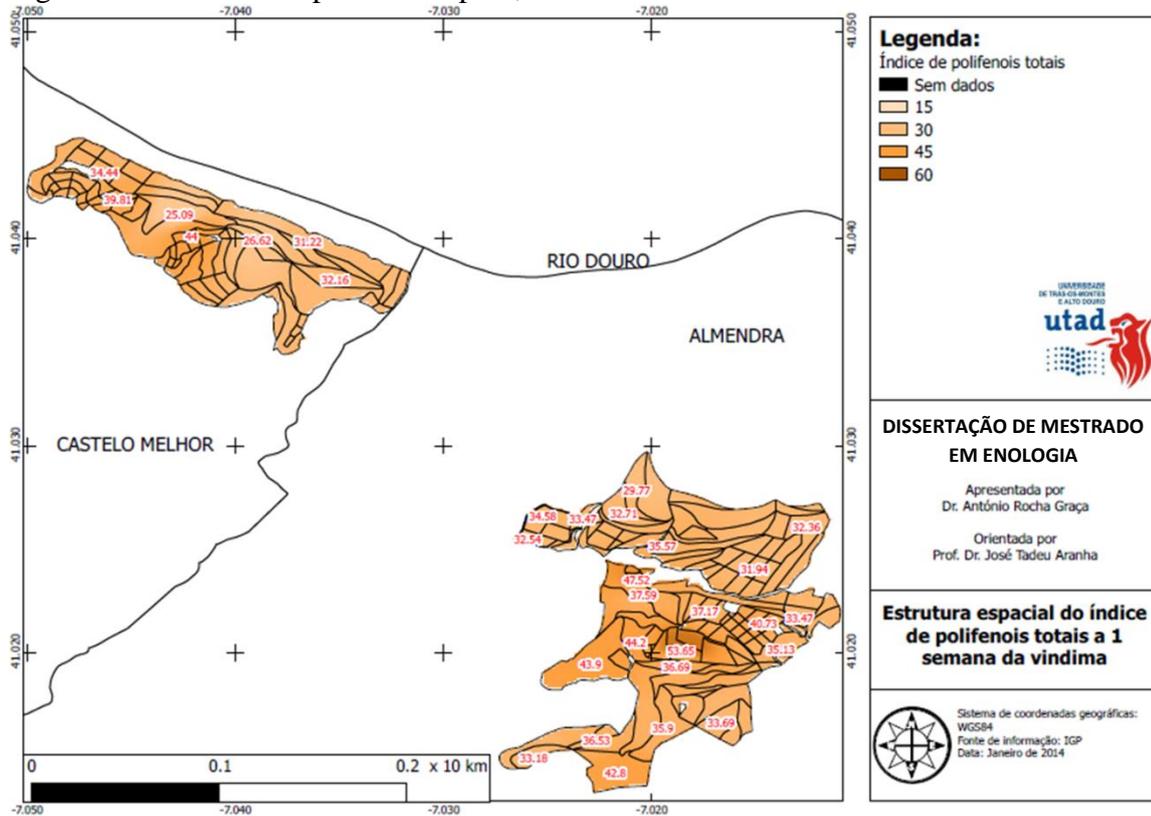


Figura 21 - Estrutura espacial de IPT

A análise visual dos mapas resultantes do processo de interpolação é a mais básica, ainda que eficaz, forma de análise de dados espacializados e pode ser utilizada como uma primeira abordagem à viticultura de precisão (Proffitt *et al.*, 2006). Conseguem-se facilmente identificar zonas com valores superiores e inferiores de cada um dos parâmetros, permitindo estabelecer uma priorização de vindima em função de cada um dos parâmetros analisados.

Da análise das figuras, verifica-se que a 1 semana da vindima existem parâmetros com estrutura de variação espacial mais bem definida do que outros, como é o caso de P100b, AT ou ApH1.

Um dos critérios mais habituais para o estabelecimento da data de vindima é a relação entre açúcares e ácidos (Magalhães, 2008). Se se utilizar este critério, pode-se facilmente, por análise visual, definir zonas de maturação diferenciada na propriedade alvo deste estudo. Nas figuras 22 e 23, assinalaram-se visualmente as zonas nas duas áreas que mostram maior maturação com base nos teores médios de AT e AP. Facilmente se verifica que, ainda que as zonas identificadas para cada parâmetro não sejam exatamente as mesmas, existem áreas onde se interseam, ou seja zonas em que AP é elevado e AT reduzido, maximizando o valor da relação açúcares / ácidos, indicador básico de maturação (Magalhães, 2008).

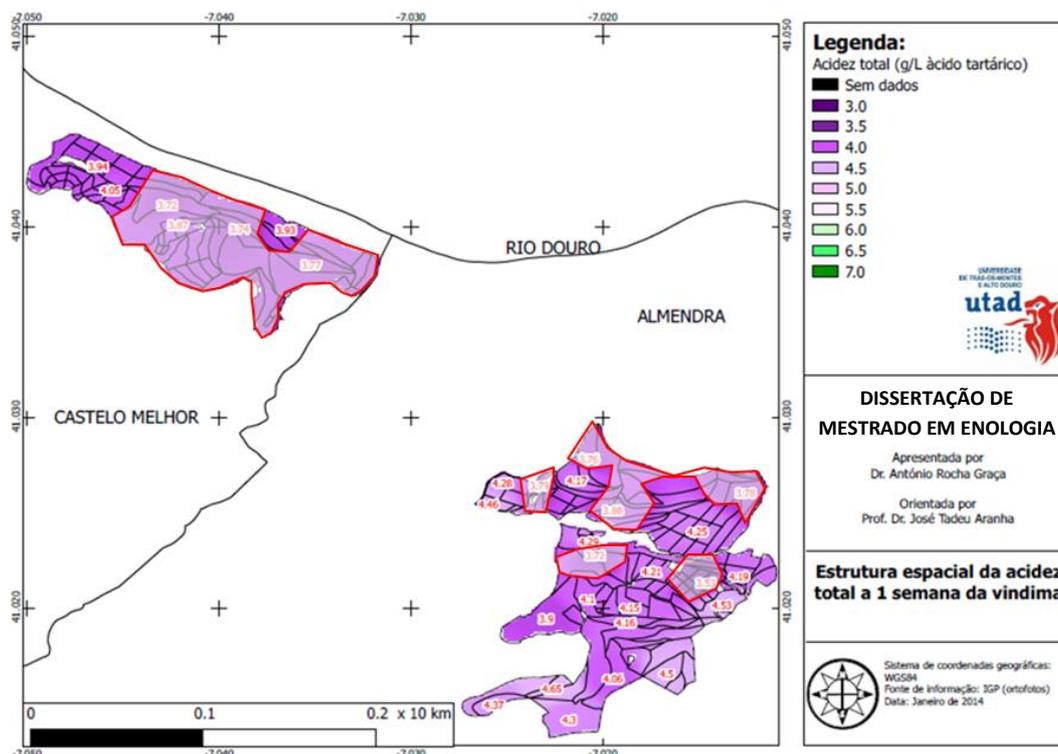


Figura 22 – Identificação visual (delimitadas a vermelho) de zonas de maior maturação com base em AT

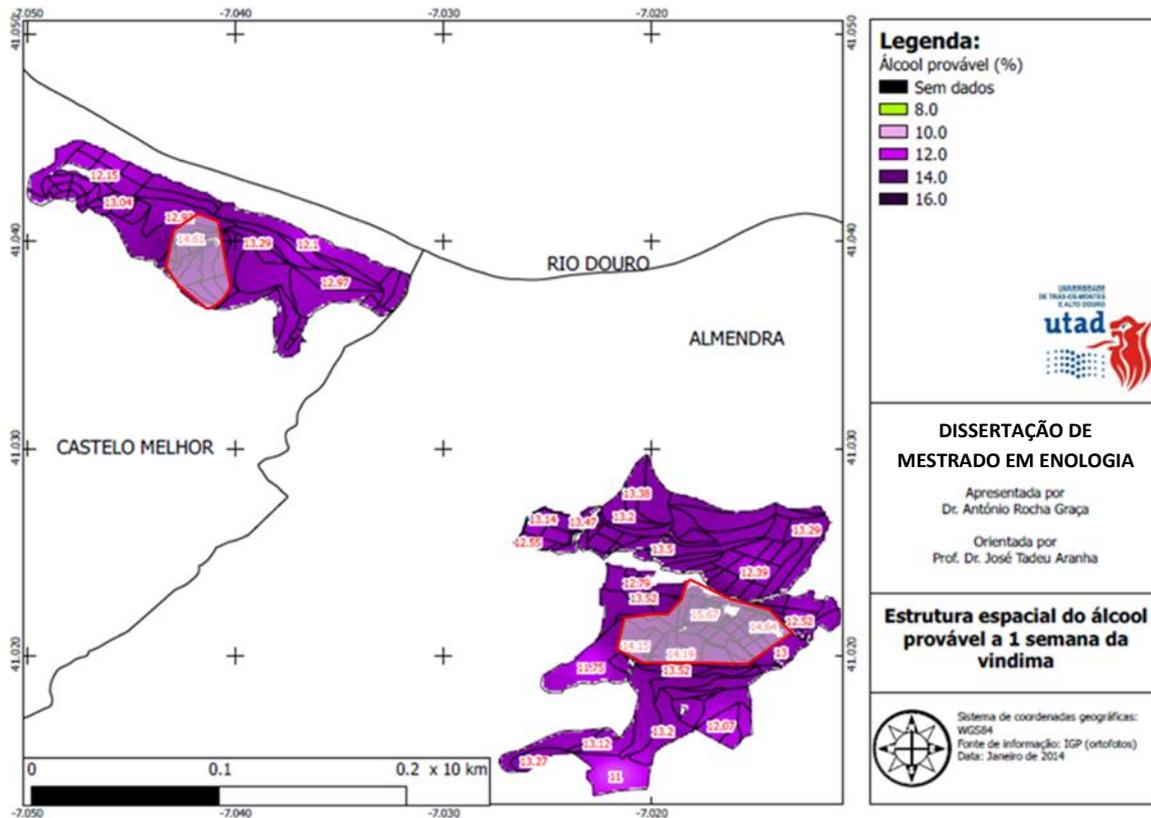


Figura 23 - Identificação visual (delimitadas a vermelho) de zonas de maior maturação com base em AP

Nestas áreas seria de esperar, por isso, uma maior precocidade de maturação e deveriam ser prioritárias num plano de vindima que considerasse apenas estas duas variáveis.

No entanto, os açúcares e os ácidos não são os únicos compostos que entram na definição de qualidade, sobretudo quando se pretende produzir vinhos de qualidade superior a partir de uvas tintas. Os compostos fenólicos possuem particular importância e a sua evolução com a maturação não ocorre ao mesmo tempo (Magalhães, 2008). Por outro lado, o peso dos bagos dá indicações críticas sobre o equilíbrio e concentração dos vários compostos do bago e permite ainda a identificação do momento de paragem da carga do bago em açúcares, uma importante informação em termos de determinar o potencial do perfil sensorial das uvas em função do momento da colheita (Conde *et al.*, 2007; Deloire, 2011).

Ao adicionar estes parâmetros à identificação de zonas de maior e menor precocidade de maturação, a tarefa torna-se demasiado complexa para ser realizada por mera análise visual, sobretudo quando se pretende uma precisão a nível do talhão, ou mesmo, dentro de cada talhão.

Para resolver esta complexidade, os programas (*software*) SIG dispõem de ferramentas de análise de dados e interpretação adequados a análises multivariadas com grande precisão espacial utilizando procedimentos de álgebra cartográfica. Estes dão origem a resultados objetivos e reproduzíveis combinando camadas de informação relativas a diferentes parâmetros, sobrepondo-as com exatidão geográfica por forma a permitir um alinhamento preciso facilitando a sua integração e análise matemática conjunta (Proffitt *et al.*, 2006) .

Havia então que definir um conjunto de parâmetros a utilizar para uma análise de precocidade e definir as condições que permitissem identificar essa precocidade. Esta definição é empírica, baseada na experiência do enólogo, e varia em função do tipo de vinho a produzir, das condições do local considerado e das castas utilizadas, entre outros fatores. Foi demonstrada uma forte correlação entre o potencial de precocidade de *terroirs* vitícolas e valores à maturação do peso dos bagos, do teor em açúcares, da acidez total, do teor em antocianinas totais e do índice de polifenóis totais (Morlat, 2010).

Pretendendo avaliar a precocidade dos talhões da propriedade em estudo numa abordagem consentânea com a produção de vinhos DOC Douro de qualidade, estabeleceram-se condições de precocidade em função de quatro dos parâmetros estudados (Tabela 7), a ser usadas num processo de reclassificação e de álgebra cartográfica em ambiente QGIS.

Tabela 7 - Condições estabelecidas para a análise da estrutura espacial de precocidade

Parâmetro de qualidade	Condição de precocidade
<i>Peso de 100 bagos (g)</i>	≤ 120
<i>pH</i>	$\geq 3,90$
<i>Álcool Provável (%)</i>	≥ 13.5
<i>Antocianinas totais (mg/L)</i>	≥ 700

Considerou-se, com base na experiência de vinificação das uvas da propriedade considerada, que abaixo de 120 gramas de peso, as uvas denotavam situações habitualmente associadas a desequilíbrios fisiológicos negativos para a qualidade: malformação dos cachos, paragens de maturação, desidratação por stresse hídrico excessivo (McCarthy & Coombe, 1999; Magalhães N. , 2008). O valor de 3,90 para limite máximo de pH foi definido considerando que a fermentação alcoólica deveria iniciar-se a um pH de 3,60 e que uma correção com ácido

tartárico para uma diferença superior a 0,30 acarreta um efeito sensorial indesejado para vinhos de alta qualidade (Peynaud, 1981; Iland *et al.*, 2004). O valor de 13,5% para o álcool provável foi estabelecido em função do equilíbrio organolético (Blouin & Guimberteau, 2000). O valor de 700 mg/L para as antocianinas totais foi escolhido em função de ser um valor coerente com o nível de cor pretendido para o tipo de vinho considerado (De Gaulejac & Glories, 1998). Esta mesma abordagem foi já testada para os vinhos do Alentejo mas utilizando valores de parâmetros adaptados à especificidade dos vinhos daquela denominação de origem (Braga, 2009).

Usando a calculadora matricial do QGIS para aplicar estas condições aos mapas resultantes de interpolação espacial de cada parâmetro a 1 semana da vindima, geraram-se novos modelos matriciais de dados, por reclassificação, em que, para cada pixel, o cumprimento da condição gerou um valor de 1, enquanto o não cumprimento gerou um valor de 0 (Figura 24).

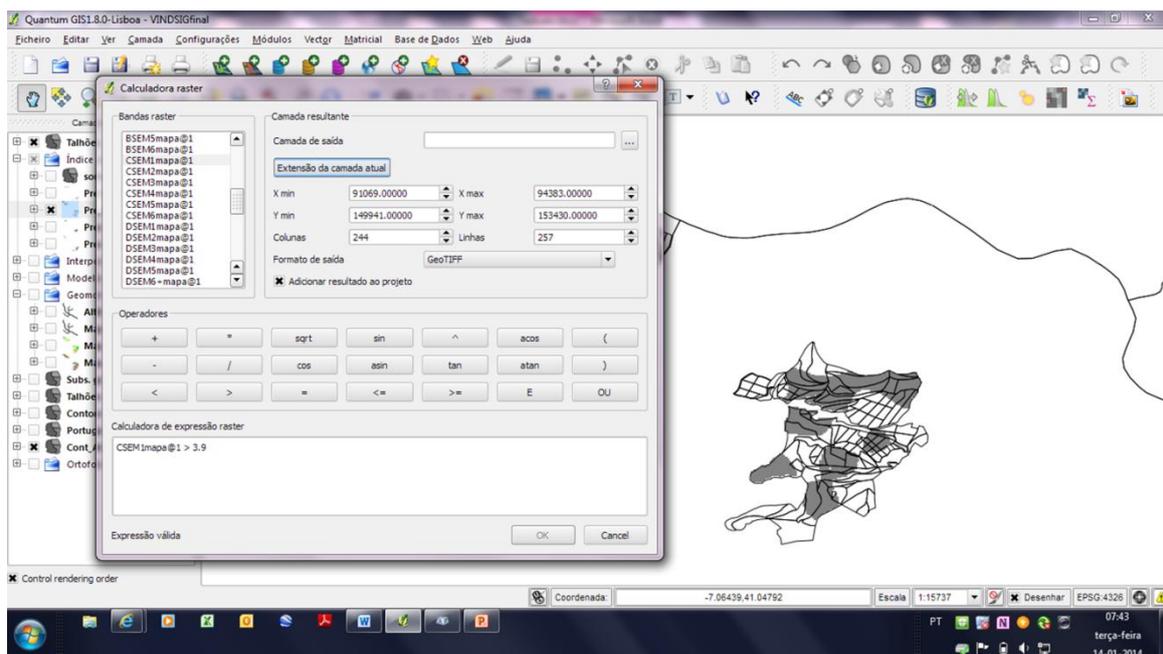


Figura 24 - Aplicação de condições na análise de modelos matriciais de dados no QGIS

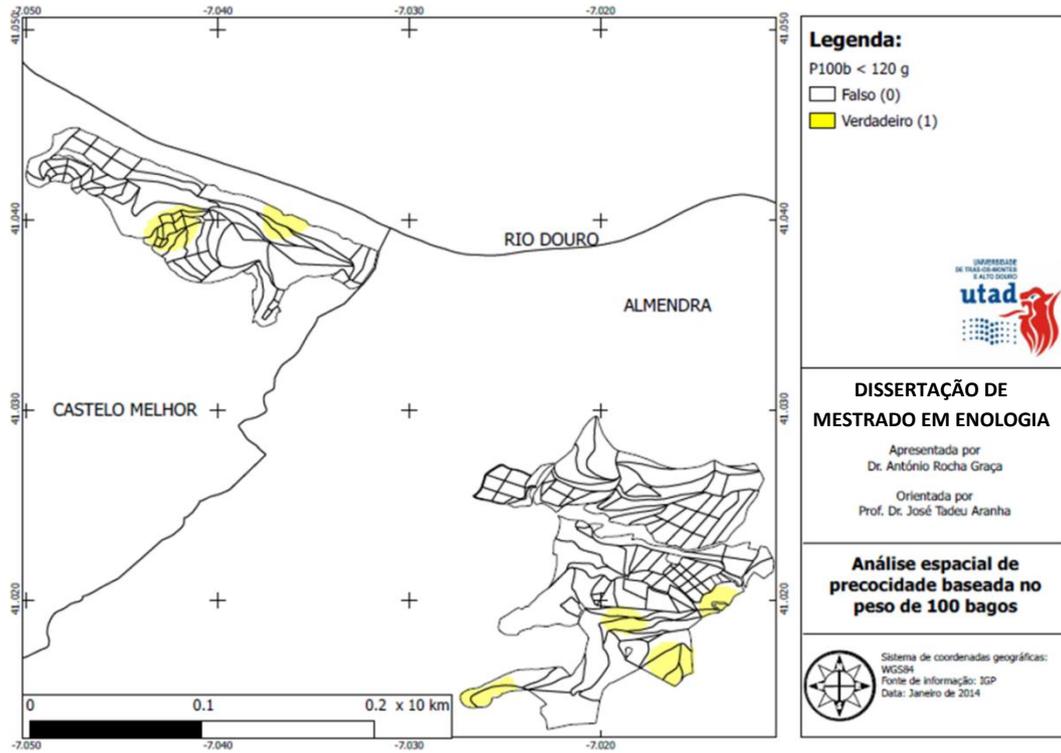


Figura 25 - Áreas onde a média de 11 anos de P100b, a 1 semana da vindima, é igual ou inferior a 120 gramas

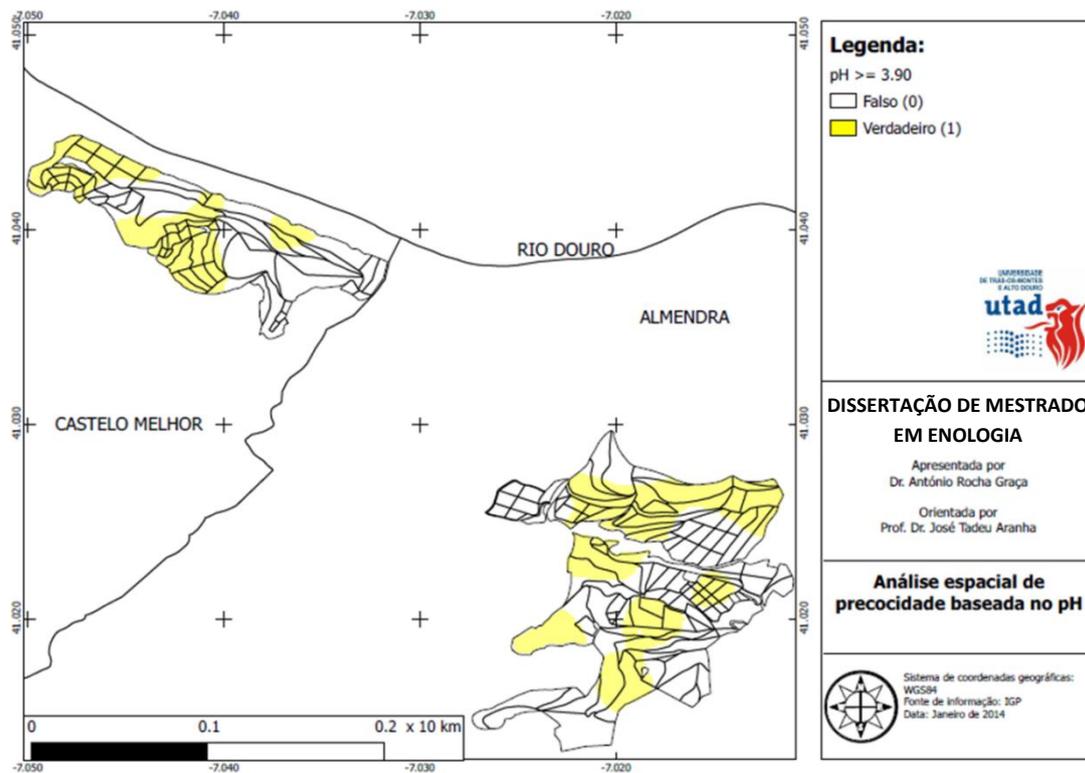


Figura 26 - Áreas onde a média de 11 anos do pH, a 1 semana da vindima, é igual ou superior a 3.90

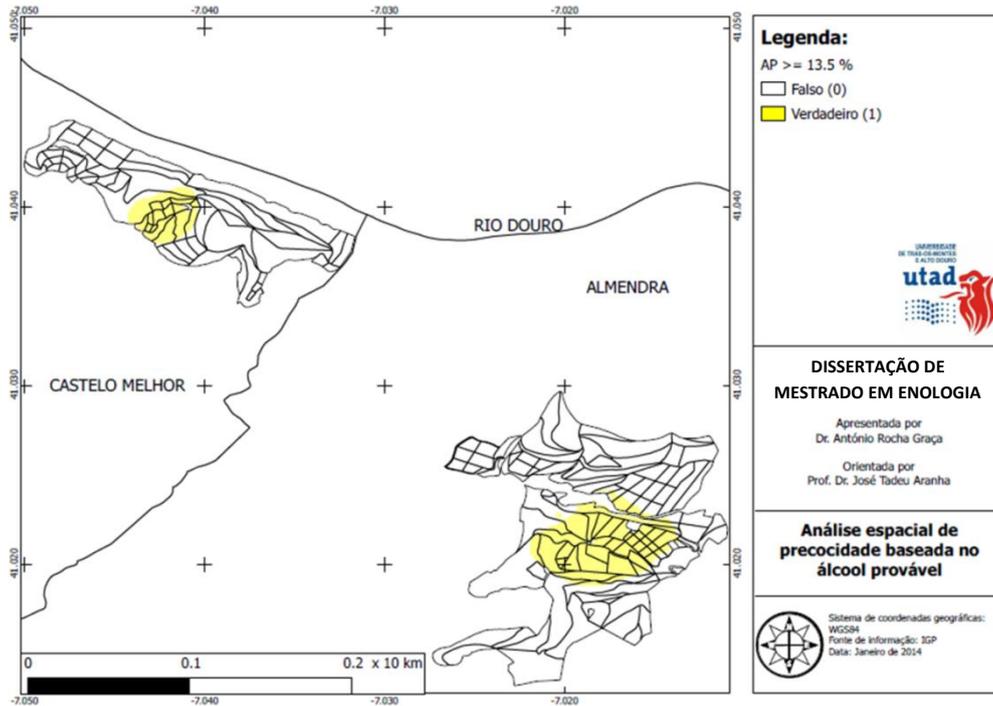


Figura 27 - Áreas onde a média de 11 anos do AP, a 1 semana da vindima, é igual ou superior a 13.5%

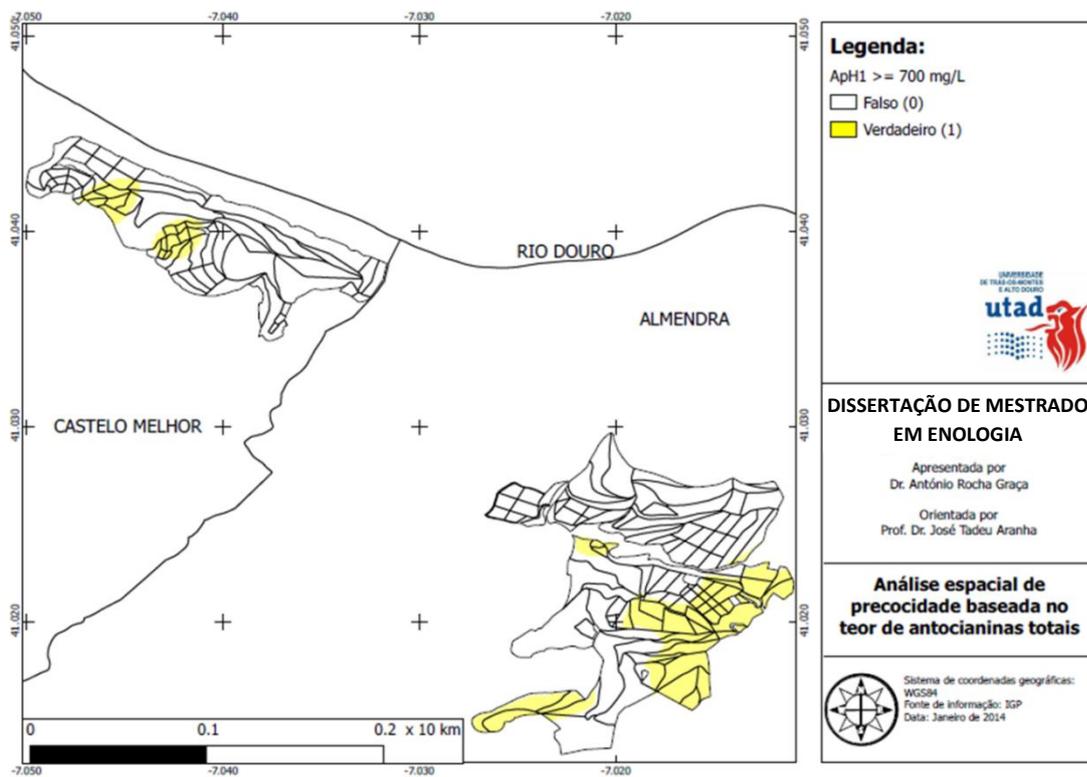


Figura 28 - Áreas onde a média de 11 anos de ApH1, a 1 semana da vindima, é igual ou superior a 700 mg/L

Com base nestes modelos, elaboraram-se mapas, para cada parâmetro utilizado, em que as áreas que cumprem as condições estabelecidas aparecem sombreadas a amarelo (Figuras 25 a 28), marcando a área restrita ao seu cumprimento.

Da sua análise, verifica-se que a condição mais restritiva é a de P100b, enquanto a condição do pH é a que menos restringe a área abrangida. É também visível a existência de áreas onde algumas das condições se intersejam, cumprindo simultaneamente 1, 2, 3 ou mesmo a totalidade das 4 condições estabelecidas.

Confrontando estas distribuições com a experiência dos profissionais que gerem a propriedade em questão, foi confirmado que os resultados obtidos estão em concordância com o seu conhecimento empírico (Braga, A., 2014, comunicação pessoal).

Considerando que quantas mais condições forem cumpridas maior será o nível de precocidade de uma dada área nas propriedades em estudo, procedeu-se à criação de um índice de precocidade (IP) em função do cumprimento cumulativo das condições de precocidade enunciadas. Desta forma, cada pixel pode adquirir um valor entre 0 (nenhuma condição cumprida – precocidade mínima) e 4 (cumprimento simultâneo das 4 condições – precocidade máxima), conforme indicado na tabela 8.

Tabela 8 - Combinações possíveis das condições de precocidade para cada valor do índice de precocidade (P100b: peso de 100 bagos, AP: álcool provável, ApH1: antocianinas totais)

P100b ≤ 120g	pH ≥ 3.90	AP ≥ 13.5%	ApH1 ≥ 700 mg/L	Índice de precocidade
0	0	0	0	0
1	0	0	0	1
0	1	0	0	1
0	0	1	0	1
0	0	0	1	1
1	1	0	0	2
1	0	1	0	2
1	0	0	1	2
0	1	1	0	2
0	1	0	1	2
0	0	1	1	2
1	1	1	0	3
1	1	0	1	3
1	0	1	1	3
0	1	1	1	3
1	1	1	1	4

Recorrendo novamente à calculadora matricial do QGIS (Figura 29), estabeleceu-se uma expressão em que, para cada pixel, se adicionou o valor dos 4 modelos de dados matriciais acima descritos, obtendo-se um novo modelo de dados matricial representando o IP.

O novo mapa assim obtido (Figura 30) representa, para a totalidade da área da propriedade alvo deste estudo, o IP inferido a partir da média de 11 anos dos quatro parâmetros considerados para a composição do índice, permitindo estabelecer uma priorização de talhões para o planeamento da vindima. Este mapa representa, assim, uma superfície de probabilidades, ou seja, indica a probabilidade da precocidade de maturação baseada nos 4 parâmetros da qualidade da uva considerados.

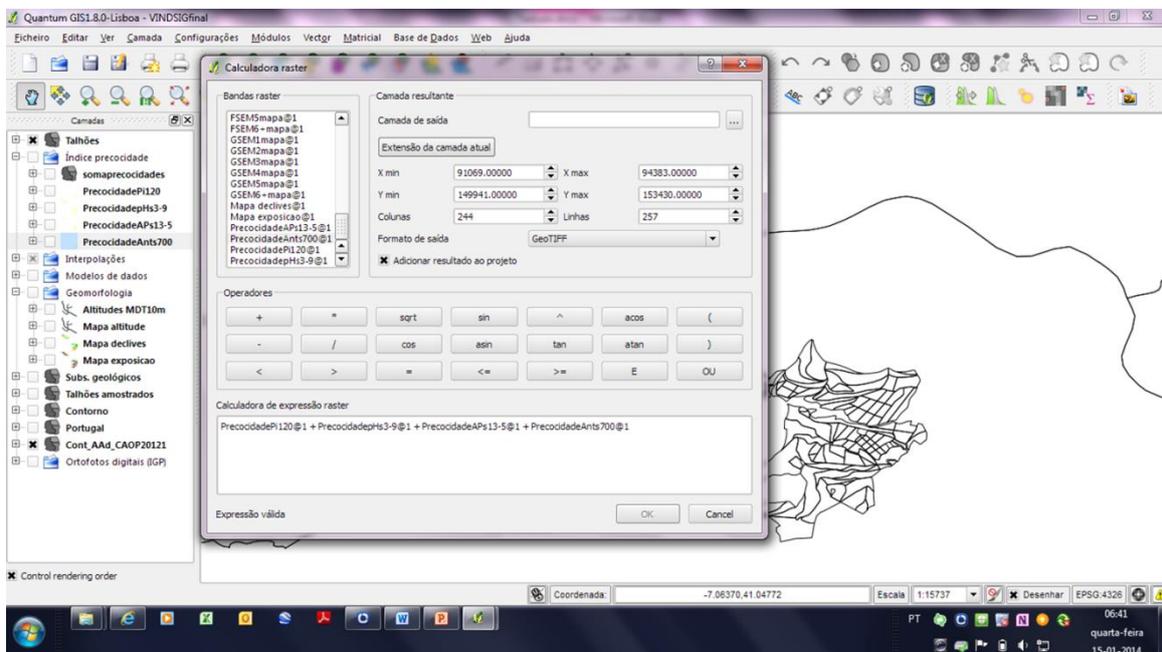


Figura 29 - Construção do modelo de dados matriciais para o índice de precocidade no QGIS

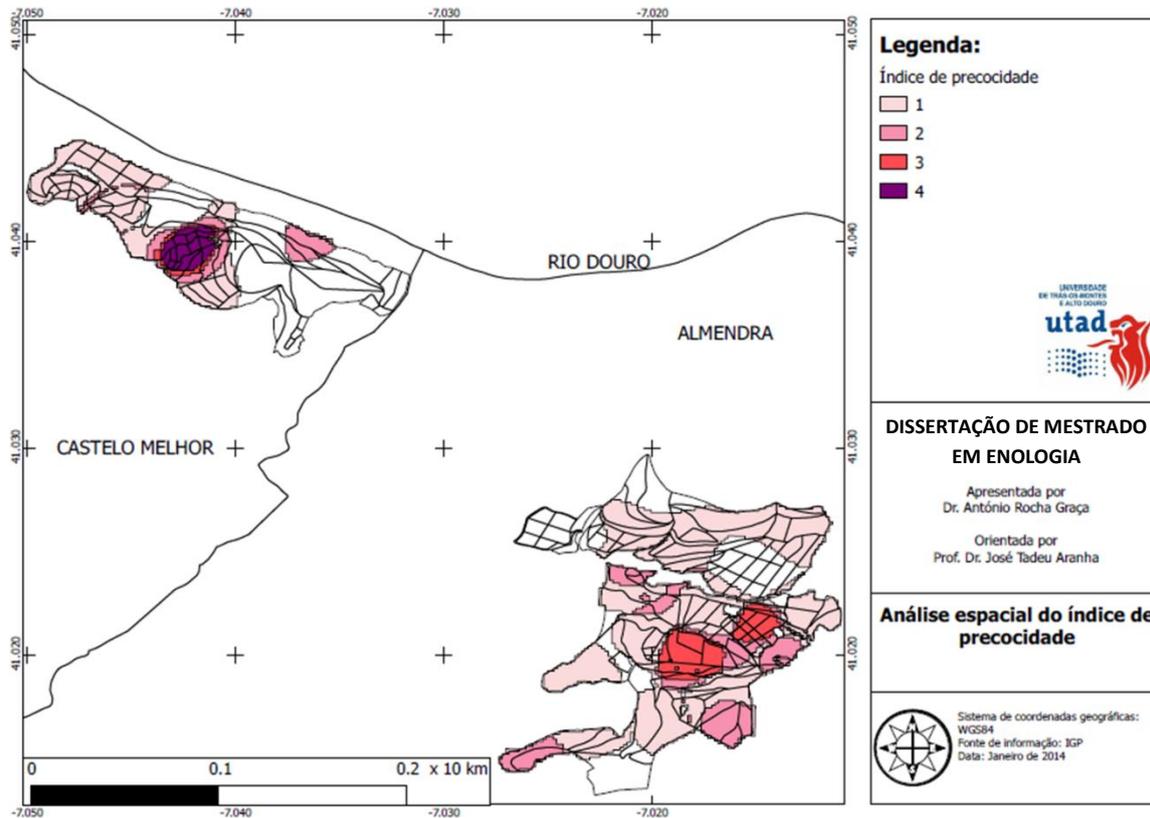


Figura 30 - Análise de distribuição espacial do índice de precocidade para as duas propriedades consideradas no estudo

Verifica-se que apenas uma zona (na área Oeste) apresenta a satisfação simultânea das quatro condições enunciadas, representando a área, na propriedade em estudo, com maior precocidade. Procurou-se uma explicação para este facto através da caracterização geomorfológica e botânica da área em questão (Figuras 31 a 35). Verifica-se assim que a área em questão é caracterizada por uma dominância da casta Touriga Nacional, uma variação de cota de altitude de 56 metros (entre 141 e 197), declives maioritariamente nas classes de 15 a 25%, exposição dominante a Sul e Sueste e solos de constituição principalmente xistosa. Não existindo dados climáticos para o período em análise, não nos é possível aferir o efeito de variáveis climáticas nesta área.

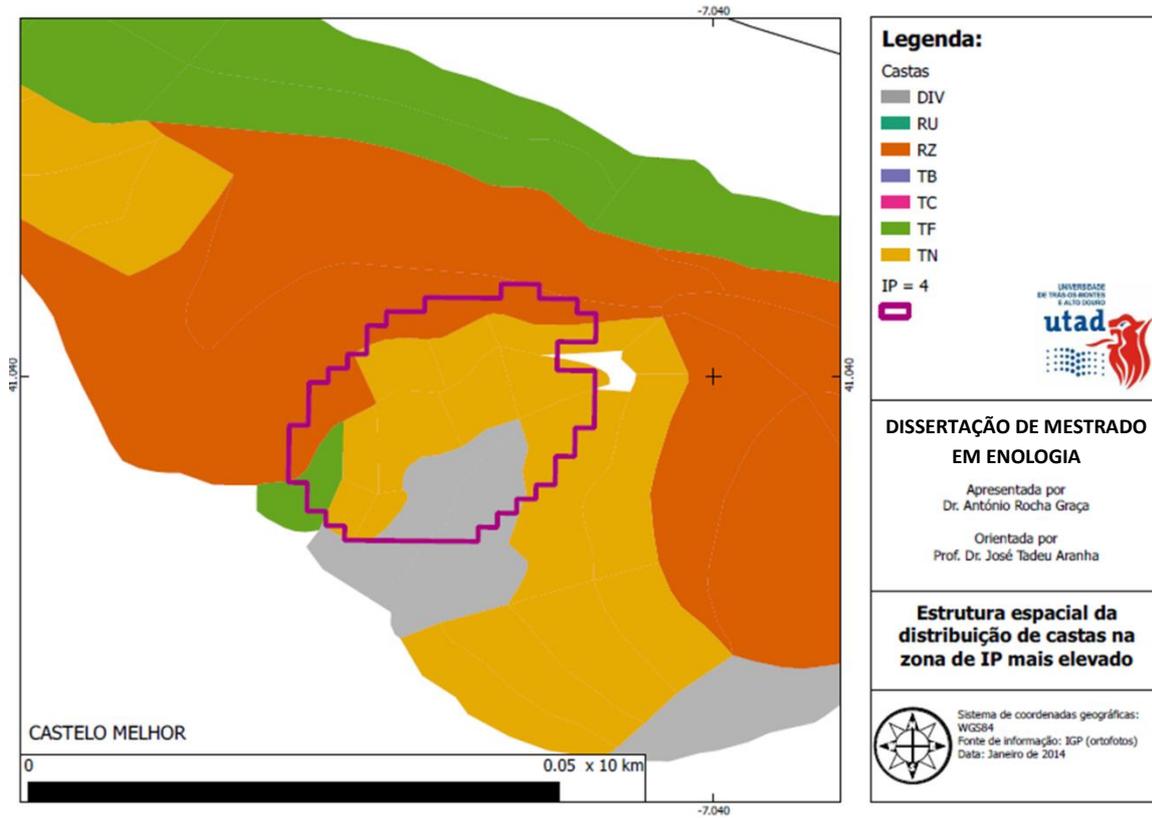


Figura 31 - Zona com IP = 4: castas

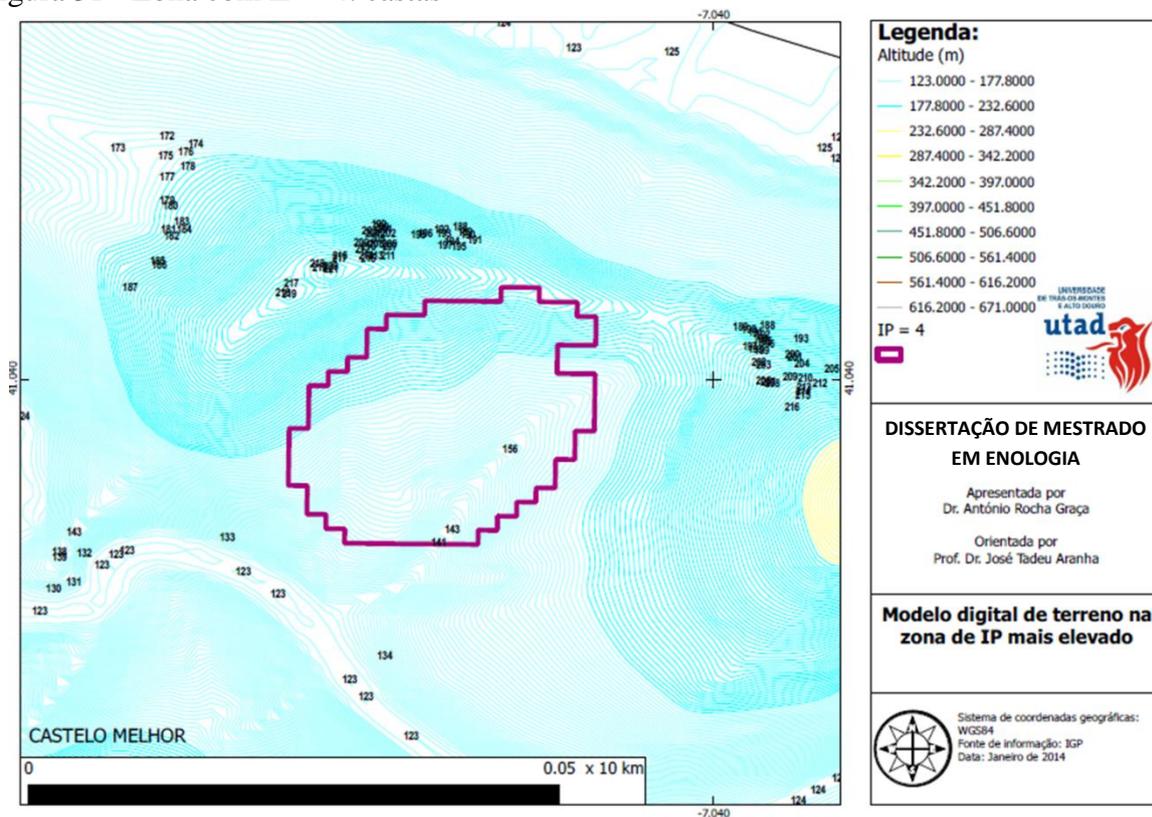


Figura 32 - Zona com IP = 4: modelo digital de terreno

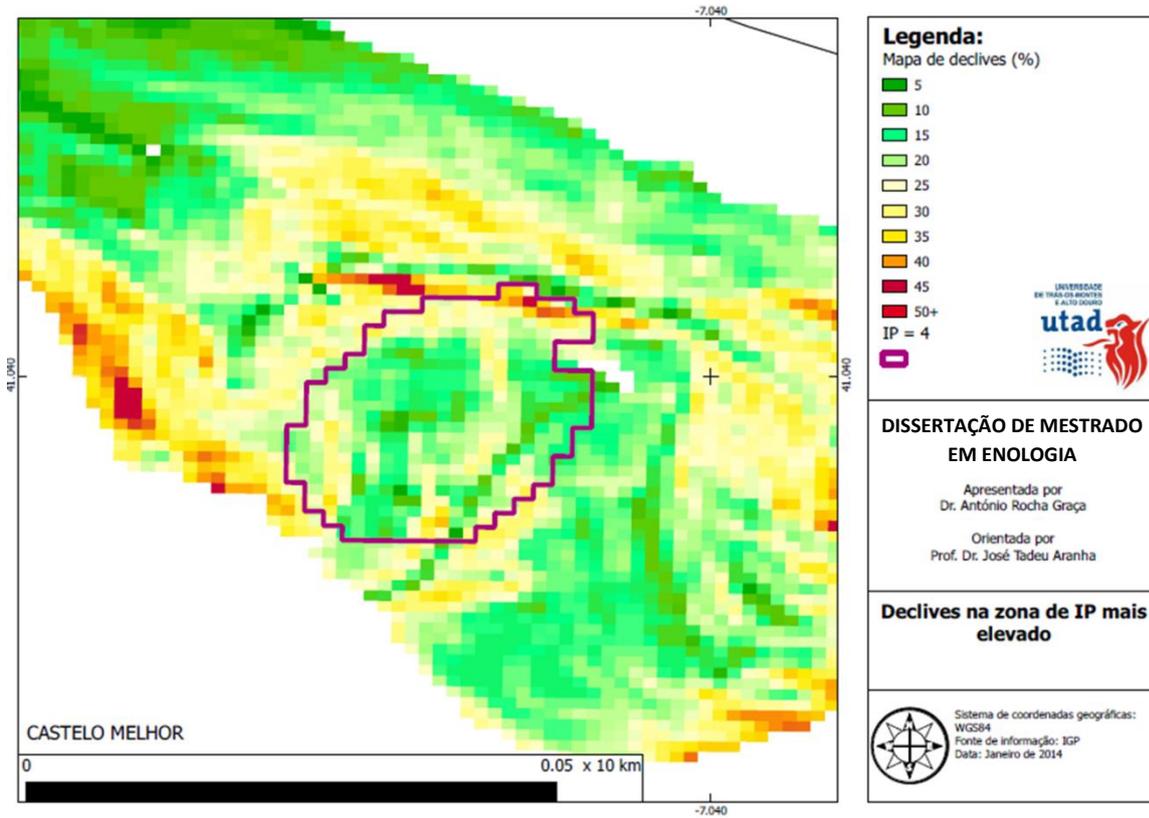


Figura 33 - Zona com IP = 4: declives

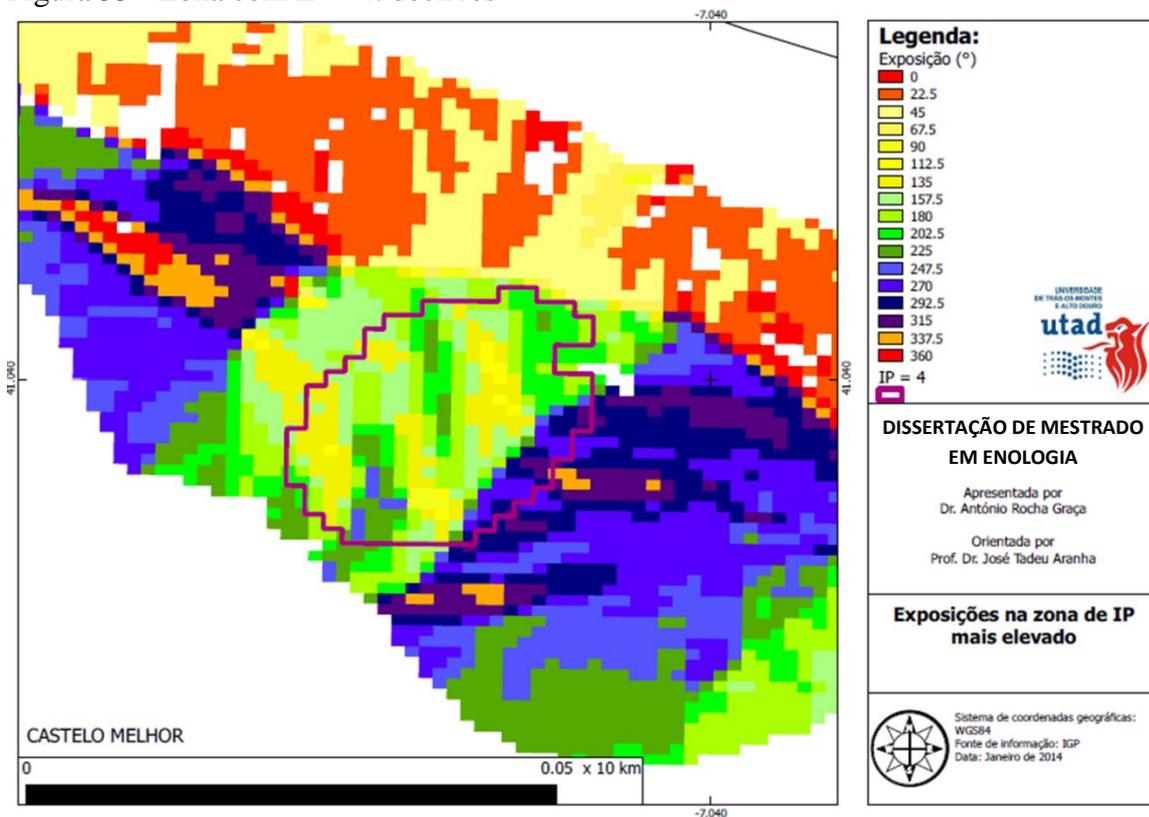


Figura 34 - Zona com IP = 4: exposições

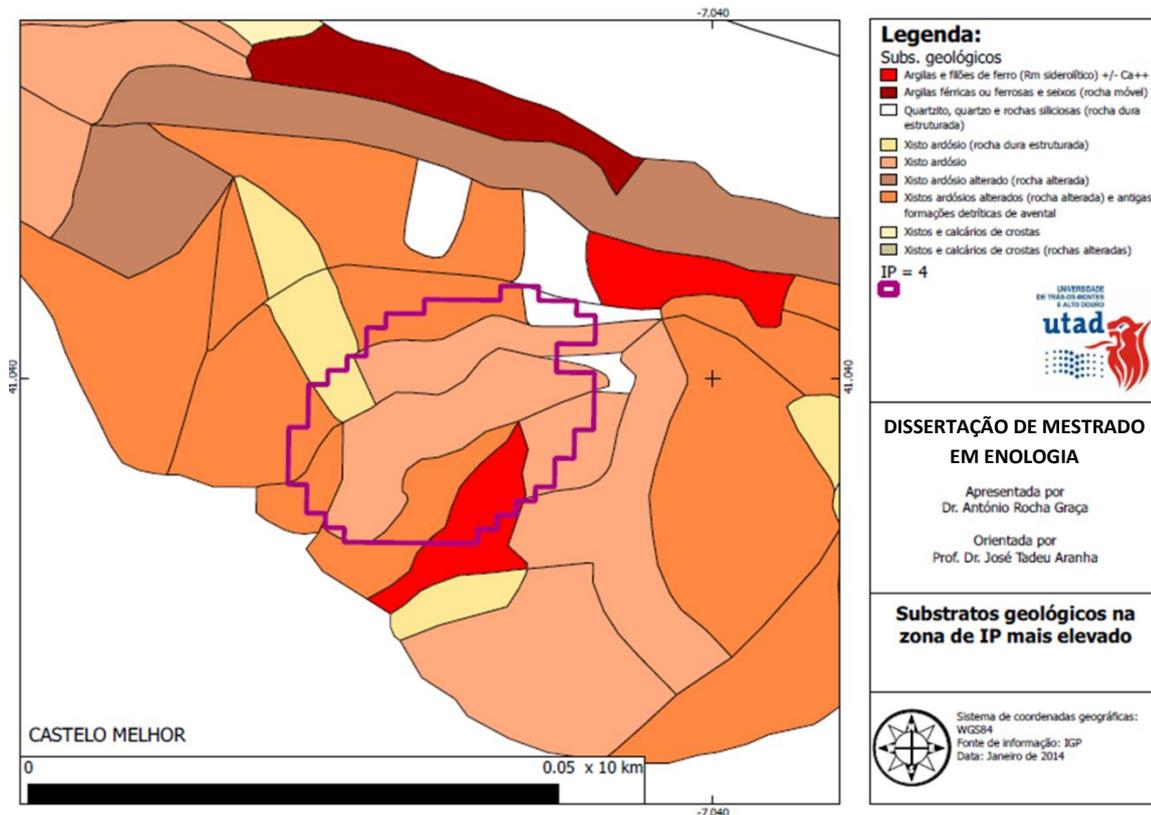


Figura 35 - Zona com IP = 4: substratos geológicos

4.2. Implementação de um plano de gestão

Temos agora a informação necessária para passar ao terceiro passo do processo cíclico da viticultura de precisão (Figura 4): implementação de um plano de gestão (Proffitt *et al.*, 2006).

Neste caso, esse plano de gestão reveste a forma de um plano de priorização de talhões para colheita em função do IP respetivo.

Analisando de forma separada cada uma das áreas da propriedade estudada (Figuras 36 e 37), pode-se verificar o IP por talhão e estabelecer um plano previsional de vindima priorizando os talhões mais precoces.

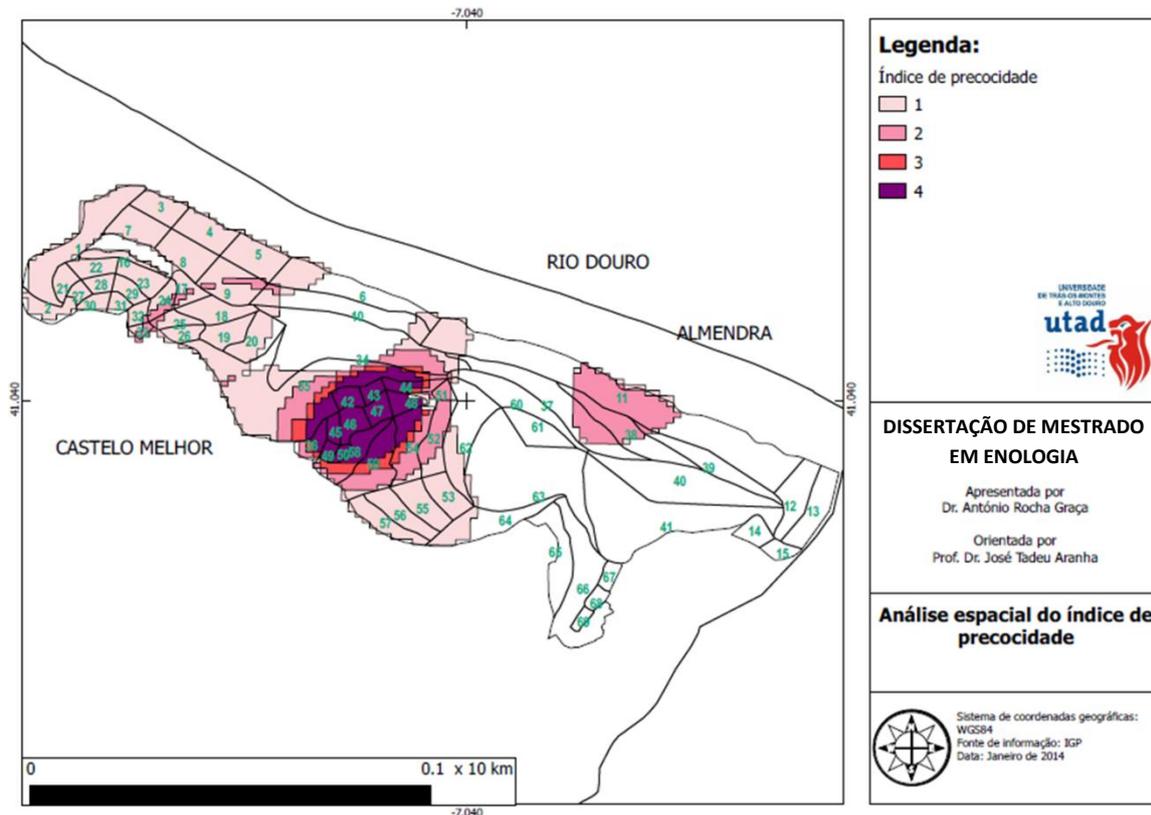


Figura 36 - Análise detalhada da área Oeste para estabelecimento do plano de vindima (números são referência dos talhões, áreas não coloridas representam IP = 0)

Tabela 9 - Plano de vindima em função do índice de precocidade (área Oeste, opção A)

Prioridade	IP	Talhões
1	4	42, 43, 45, 46, 47, 48, 49 e 50
2	1	1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 18, 19, 21, 22, 23, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 53, 55, 56 e 57
3	0	12, 13, 14, 15, 40, 41, 61, 65, 66, 67, 68 e 69

Duas opções se colocam para a elaboração do plano previsional de vindima. A opção A consideraria uma segmentação que segue rigorosamente o IP (Tabela 9).

Verifica-se que existem numerosos talhões que possuem áreas distribuídas entre IP diferentes (por exemplo: 11, 24, 59, etc...). Nestes casos, segmenta-se a vindima das áreas intra-talhão de cada valor de IP e junta-se a vindima dessas uvas com as de outros talhões com IP semelhante e da mesma casta, sempre que exista compatibilidade com a capacidade de fermentação da adega (para assegurar que se conseguem encher depósitos de fermentação com uvas de qualidade homogénea) e com o objetivo de produção de tipo de vinhos (aptidão

da qualidade de uvas ao tipo de vinho a produzir). Assim, para a opção A, a prioridade de vindima de cada segmento, deve refletir o IP. Por exemplo, no caso dos talhões 17, 24, 32, 33, 54, 52 e 51 (casta Touriga Nacional, ver Figura 8) as suas áreas com IP igual a 2 poderiam ser vindimadas e vinificadas em conjunto. O mesmo se poderia fazer com as zonas com IP igual a 2 dos talhões 34, 35, 37 e 38 (casta Tinta Roriz, ver Figura 8).

A opção B (Tabela 10) utiliza como base de trabalho a unidade talhão como ela se encontra definida atualmente e classifica as suas prioridades de vindima em função do ou dos IP verificados dentro dos seus limites. Aos talhões que possuem mais do que um valor de IP na sua área são atribuídos prioridades intermédias. Por exemplo, no caso em apreço:

Tabela 10 - Plano de vindima em função do índice de precocidade (área Oeste, opção B)

Prioridade	IP	Talhões
1	4	43, 45, 46, 47, 48 e 50
2	>3; <4	42 e 49
3	>1; <3	35, 36, 44, 54, 58 e 59
4	>0; <3	34
5	>1; <2	5, 9, 17, 24, 31 e 32
6	>0; <2	6, 10, 11, 37, 38, 39, 51, 52, 60, 62 e 63
7	1	1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 18, 19, 21, 22, 23, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 53, 55, 56 e 57
8	>0; <1	64
9	0	12, 13, 14, 15, 40, 41, 61, 65, 66, 67, 68 e 69

A opção B, no entanto, não otimiza a abordagem utilizada, uma vez que continuamos a vindimar (e vinificar) em conjunto uvas com IP diferente e, conseqüentemente, níveis de qualidade e aptidão a produzir o vinho pretendido, igualmente diferentes. Esta heterogeneidade qualitativa é considerada por muitos enólogos como negativa e a sua eliminação é precisamente uma das vantagens que suporta a implementação de uma estratégia de viticultura de precisão (Bramley, 2010).

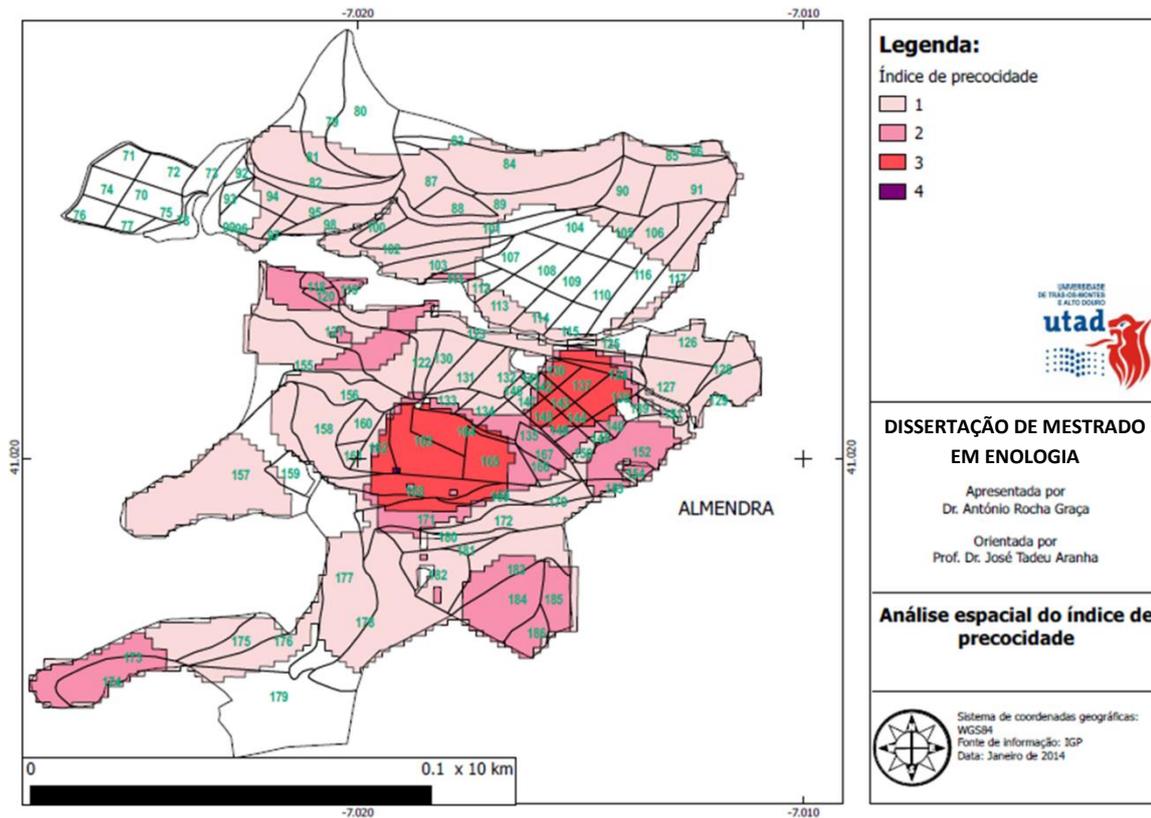


Figura 37 - Análise detalhada da área Este para estabelecimento do plano de vindima (números são referência dos talhões, áreas não coloridas representam IP = 0)

Aplicando a opção A na área Este da propriedade considerada no estudo (Figura 37), obtém-se o plano de vindima indicado na Tabela 11.

Tabela 11 - Plano de vindima em função do índice de precocidade (área Este, opção A)

Prioridade	IP	Talhões
1	3	137, 138, 143, 144, 148, 163 e 164
2	2	118, 119, 120, 152, 153, 154, 174, 184, 185 e 186 82, 95, 97, 98, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 100, 102, 103, 122, 126,
3	1	127, 128, 129, 130, 131, 132, 146, 156, 158, 160, 161, 170, 172, 175, 176, 178, 181 e 182
4	0	70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 92, 93, 107, 108, 109, 110, 159 e 179

Utilizando as tabelas 9 e 11, em conjunto, pode estabelecer-se um plano integral para as duas áreas da propriedade por forma a otimizar a qualidade enológica e a aptidão a produzir o vinho pretendido, ao mesmo tempo maximizando a eficiência dos meios disponíveis para a colheita (mão-de-obra, transportes, vasilhame, necessidades de frio e calor na adega, capacidade de fermentação, etc.).

Um corolário final desta análise é a possibilidade de uma redefinição dos locais de amostragem para monitorização da maturação da uva (Figuras 38 e 39). Considerando que aquela amostragem será tanto mais representativa da realidade quanto melhor seguir a estrutura de variabilidade espacial aí existente (Proffitt *et al.*, 2006) podem-se redefinir os locais de amostragem em função de zonas com índice de precocidade diferente por casta, adicionando amostras que completam a informação e eliminando amostras redundantes.

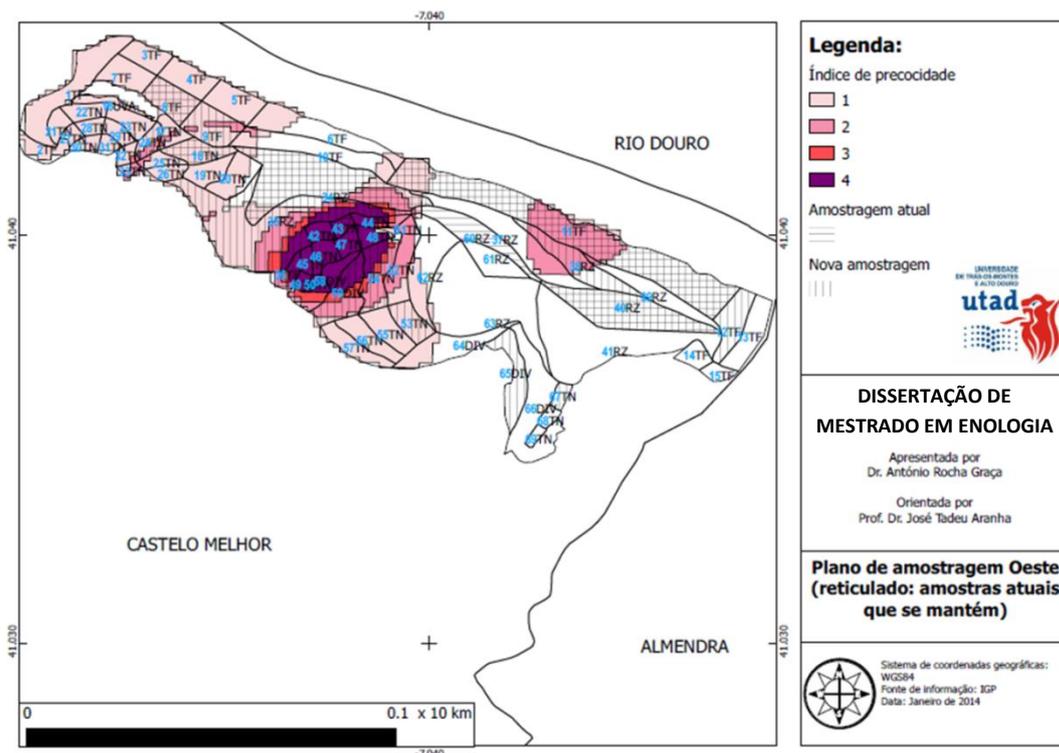


Figura 38 - Proposta de alteração de plano de amostragem para controlo de maturação na área Oeste da propriedade em estudo: linhas horizontais representam talhões a retirar, linhas verticais representam talhões a adicionar, reticulado representa talhões que se mantêm. Números: identificação do talhão; castas: DIV – Mistura de castas, RZ: Tinta Roriz – PRT52603, TF: Touriga Franca – PRT52205, TN: Touriga Nacional – PRT52206.

Dentro destas zonas, pode-se corretamente assumir a existência de variabilidade aleatória aplicando metodologias de amostragem consentâneas (Krstic *et al.*, 2003). Procura-se, assim,

uma representação o mais fiel possível da evolução da maturação nas propriedades consideradas.

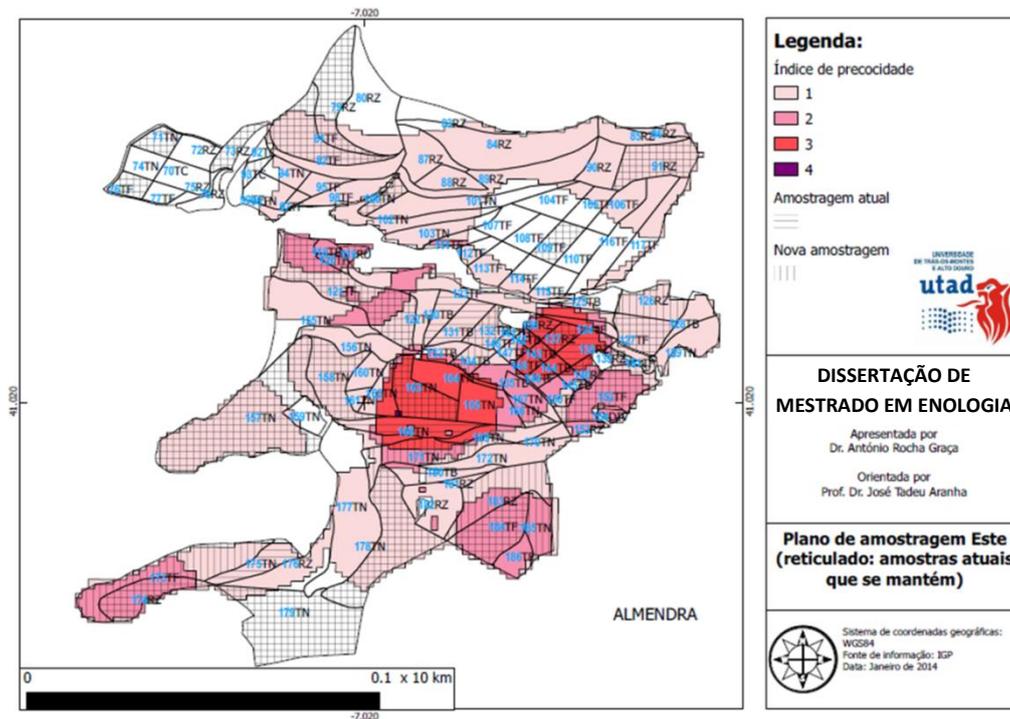


Figura 39 - Proposta de alteração de plano de amostragem para controlo de maturação na área Este da propriedade em estudo: linhas horizontais representam talhões a retirar, linhas verticais representam talhões a adicionar, reticulado representa talhões que se mantêm. Números: identificação do talhão; castas: DIV – Mistura de castas, RU: Rufete – PRT52106, RZ: Tinta Roriz – PRT52603, TB: Tinta Barroca – PRT52905, TC: Tinto Cão – PRT53307, TF: Touriga Franca – PRT52205, TN: Touriga Nacional – PRT52206.

5. CONCLUSÕES

Relativamente aos resultados esperados:

1. Obteve-se um projeto suportado pelo *software open-source* Quantum GIS que permitiu elaborar mapas de distribuição geográfica de uma série de dados com 11 anos relativa à qualidade da uva a 1 semana da vindima;
2. Usando esses mapas, propôs-se e testou-se uma metodologia de classificação dos talhões de vinha em função de critérios de qualidade da uva estabelecidos de acordo com as necessidades para os vinhos a produzir (critérios de enologia). A metodologia consistiu num índice composto de precocidade de maturação cuja estrutura de distribuição espacial foi utilizada para a segmentação dos talhões de vinha;
3. Comparando a estrutura de distribuição espacial do índice acima mencionado com características botânicas (casta) e geomorfológicas (altitude, declive, exposição, substrato geológico) mostrou-se ser possível caracterizar as zonas associadas a um valor determinado daquele índice;
4. Pela classificação dos talhões da vinha demonstrou-se a possibilidade de elaborar um plano de gestão da vindima que serve como ferramenta de apoio à decisão de gestão técnica e logística dessa operação, permitindo aumentar e otimizar a sua eficiência.
5. Propôs-se uma adaptação da metodologia de amostragem para monitorização da maturação que toma em consideração a estrutura espacial de variabilidade da qualidade da uva.

Adicionalmente:

- Demonstrou-se, na propriedade em estudo e no período considerado, a existência de uma forte correlação linear entre a composição da uva e o intervalo de tempo até à data de vindima, mostrando que aquela condicionou fortemente este último;
- Mostrou-se a exequibilidade de utilização de um *software* SIG gratuito, de desenvolvimento colaborativo (*open-source*), para aplicações em viticultura e enologia na Região Demarcada do Douro, mostrando a sua ergonomia e facilidade de utilização, inclusivamente por profissionais não especializados em ferramentas geográficas, o que coloca esta tecnologia ao alcance do comum utilizador informático;

- Propuseram-se novos gradientes de cor para o mapeamento de parâmetros da qualidade da uva, mais intuitivos para os profissionais de enologia e acessíveis a pessoas daltónicas.

5.1. Constrangimentos

Considerando a extrema variabilidade geomorfológica da área em estudo, a disponibilidade de um conjunto de pontos de amostragem com maior densidade teria permitido uma melhor representatividade para análise dos parâmetros da qualidade da uva. Igualmente, a assunção de uma distribuição aleatória da variabilidade da qualidade da uva limitou a correta representação da amostragem utilizada. Os resultados deste trabalho, no entanto, permitem identificar que zonas se encontram melhor e pior representadas. Isto pode levar a uma redefinição dos pontos de amostragem, mais de acordo com a estrutura espacial verificada, em vez da atual rede de amostragem que assume uma distribuição aleatória para a qualidade da uva.

A indisponibilidade de dados meteorológicos locais para o período considerado não permitiu aferir o efeito climático sobre a série de resultados utilizada. Assumiu-se que o período de 11 anos permite representar um número suficientemente variado de situações para neutralizar a variabilidade climática. No entanto, num contexto de alterações climáticas, este fator pode introduzir um desvio não controlado na análise realizada.

No tempo de realização deste trabalho, não foi possível testar a aplicação do plano de vindima desenvolvido em situação real e, dessa forma, avaliar objetivamente as mais-valias operacionais e económicas derivadas para uma empresa produtora de vinhos face aos métodos atualmente utilizados. A execução desta avaliação em situação real seria a prossecução do processo cíclico da viticultura de precisão, reiniciando-se numa nova primeira fase de observação e recolha de dados, agora já com a implementação dos resultados deste trabalho.

5.2. Síntese das conclusões

Este trabalho mostrou o elevado valor potencial que o tratamento de dados georreferenciados relativos à qualidade da uva durante a sua maturação, quando organizado numa rotina de

viticultura de precisão, confere à organização e planeamento da operação da vindima na Região Demarcada do Douro, com potencial de aumento da sua eficiência operacional e, conseqüentemente, da sua rentabilidade económica, por melhoria no fluxo de informação entre profissionais de viticultura e enologia. Concretiza-se assim uma tradução dos critérios enológicos para a gestão vitícola associada ao planeamento da vindima.

Confirmou ainda o grau de desenvolvimento e ergonomia de um sistema de informação geográfica de acesso geral e gratuito (Quantum GIS), utilizável em aplicações profissionais de viticultura e enologia para permitir mais-valias na otimização de recursos e no aumento da eficiência dos processos de produção.

6. TRABALHOS FUTUROS

Seguindo a natureza cíclica do processo da viticultura de precisão (Figura 4), o trabalho seguinte será a aplicação prática e teste do índice de precocidade como forma de gestão da vindima. As observações derivadas dessa aplicação permitirão inferir sobre a sua validade e maior ou menor valia relativamente à prática anterior. Mais importante, permitirão definir se os níveis de precocidade estabelecidos possuem um efeito significativo em termos da qualidade do vinho produzido para assim ajustar a definição (e, eventualmente, as condições definidoras) das classes utilizadas em função do efeito enológico.

O modelo de dados realizado em QGIS permite ainda a realização de outros tipos de análise que poderão aumentar o nível de conhecimento sobre as condições que impactam a composição das uvas durante a sua maturação. Assim, seria interessante conduzir as seguintes análises experimentais:

- Determinar, para cada binómio (talhão / parâmetro analítico) do momento de máxima aproximação ao teor alvo para o tipo de vinho considerado. Por exemplo, considerando que um teor elevado em antocianinas totais é importante para vinhos DOC Porto ou DOC Douro de categoria superior, estabelecer qual a data média em que esse teor é máximo em cada talhão e qual o valor desse máximo.
- Pesquisar correlações entre variáveis geomorfológicas e os parâmetros da qualidade da uva por forma a estabelecer se (e como) as primeiras condicionam as segundas, sem esquecer o efeito da casta. A informação derivada poderá ser utilizada para definir a qualidade expectável em novas vinhas a plantar e que castas utilizar em cada local para aumentar a probabilidade de satisfação de necessidades enológicas. A própria definição dos limites dos talhões pode ser ajustada procurando uma maior homogeneidade na qualidade da uva a produzir em cada um.
- Planificar percursos de transportes de uvas considerando a distância de cada talhão à adega, otimizando os meios disponíveis e reduzindo os consumos de combustível.

O enriquecimento dos modelos com mais informação aumentará a sua robustez e capacidade de apoiar o processo de decisão dos responsáveis, vitícola e enológico. Assim, a incorporação da mesma informação para os anos após 2011 (data das últimas análises) irá continuar a reforçar o modelo e as análises dele derivadas. Adicionalmente, a informação de observações

adicionais pode reforçar a capacidade de estudar a influência de práticas vitícolas na qualidade obtida na uva. Alguns exemplos serão:

- Índices climáticos e bioclimáticos à escala meso (talhão, utilizando estações meteorológicas) ou mesmo micro (planta, usando redes de sensores sem fios)
- Datas de estados fenológicos
- Dados de análises de solos e análises foliares (fertilidade)
- Dados de produção e vigor (uvas, área foliar, madeira de poda, NDVI)
- Dados operacionais de gestão vitícola (horas de mão-de-obra e máquinas, custos)
- Dados sobre acidentes e tratamentos fitossanitários (número de ocorrências, consumos)
- Dados de estado hídrico da planta (potencial de base, consumo de água)
- Dados de biodiversidade funcional (contagens de organismos auxiliares, presença / ausência de corredores ecológicos ou de estruturas de suporte)

7. BIBLIOGRAFIA E REFERÊNCIAS

- Alves, F., Edlmann, M., Costa, J., Costa, P., Macedo, P., Leal da Costa, P., et al. (2013). Heat requirements and length of phenological stages. Effects of rootstock on red grape varieties at Douro region. *18ª Internacional Symposium GIESCO. II*, pp. 827-831. Porto: GIESCO.
- Aranha, J. (2006). *Introdução aos Sistemas de Informação Geográfica* (Série didática em publicação ed.). Vila Real: UTAD.
- Aurambout, J.-P., & Pettit, C. (2008). Digital Globes: Gates to the Digital Earth . *Digital Earth Summit on Geoinformatics 2008* (pp. 233-238). Potsdam: PIK Publications.
- Avraam, M. (2 de Outubro de 2009). *Google Maps and GIS*. Obtido em 27 de Dezembro de 2013, de Michalis Avraam: <http://michalisavraam.org/2009/10/google-maps-and-gis/>
- Baggiolini, M. (1952). Les stades repères dans le développement. *Revue romande d'Agriculture et d'Arboriculture*, 8(1), pp. 4-6.
- Blouin, J., & Guimberteau, G. (2000). *Maturation et maturité des raisins*. Bordeaux: Éditions Féret.
- Boulton, R. B., Singleton, V. L., Bisson, L. F., & Kunkee, R. E. (1996). *Principles and Practices of Winemaking*. New York: Chapman & Hall.
- Braga, R. (2009). *Viticultura de Precisão*. Lisboa: Associação dos Jovens Agricultores de Portugal.
- Bramley , R. G., & Hamilton, R. P. (2004). Understanding variability in winegrape production systems. 1. Within vineyard variation in yield over several vintages. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 10, 32-45.
- Bramley, R. G. (2005). Understanding variability in winegrape production systems. 2. Within vineyard variation in quality over several vintages. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 11, 33-42.
- Bramley, R. G. (2010). Precision viticulture: managing vineyard variability for improved quality outcomes. In A. G. Reynolds, *Managing wine quality* (pp. 445-480). Cambridge: Woodhead Publishing Ltd.
- Cavallini, P. (2007). *Free GIS desktop and analyses: QuantumGIS, the easy way*. Obtido em 18 de Janeiro de 2014, de The Geospatial resource Portal: <http://archive.is/l60a6>
- Chang, A. Y., Parrales, M. E., Jimenez, J., Sobieszczyk, M. E., Hammer, S. M., Copenhaver, D. J., et al. (2009). Combining Google Earth and GIS mapping technologies in a dengue surveillance system for developing countries. *International Journal of Health Geographics*, 8(49).
- Conde, C., Silva, P., Fontes, N., Dias, A. C., Tavares, R. M., Sousa, M. J., et al. (2007). Biochemical Changes throughout Grape Berry Development and Fruit and Wine Quality. *Food*, 1, 1-22.

- De Filippis, T., Rocchi, L., Fiorillo, E., & Genesio, L. (2010). *A WEBGIS application for precision viticulture: from research to operative practices*. Obtido em 18 de Janeiro de 2014, de ISPRS: http://www.isprs.org/proceedings/XXXVIII/4-W13/ID_69.pdf
- De Gaulejac, N. S., Vivas, N., & Glories, Y. (1998). Maturation phénolique des raisins rouges. Relation avec la qualité des vins. Comparaison des cépages Merlot et Tempranillo. *Le Progrès Agricole et Viticole*(115), 306-318.
- Deloire, A. (Janeiro de 2011). The concept of berry sugar loading. *Wynland Wynboer*, pp. 93-95.
- Eiras-Dias, J. E., Martins, A., Carneiro, L. C., Pedroso, V., Cunha, J. P., & Madeira, D. (1998). The genetic variability of vine varieties: richness at risk. *Actes XXIII Congrès Mondial de la Vigne et du Vin* (pp. 1-3.9 - 3.15). Lisboa: OIV.
- Foote, K. E., & Lynch, M. (12 de Outubro de 1999). *Geographic Information Systems as an Integrating Technology: Context, Concepts, and Definitions*. Obtido em 26 de Dezembro de 2013, de The Geographer's Craft: http://www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/intro/intro_f.html
- Ford-Kapoor, R. (2010). Grape analysis in winemaking. In C. E. Butzke, *Winemaking problems solved* (pp. 1-3). Cambridge: Woodhead Publishing Ltd.
- Fregoni, M. (1998). *Viticultura di qualità*. Verona: Edizione l'Informatore Agrario.
- Gishen, M., & Dambergs, B. (1998). Some preliminary trials in the application of scanning near infrared spectroscopy (NIRS) for determining the compositional quality of grape, wine and spirits. *Australian Grapegrower and Winemaker*, 414a, 43-45, 47.
- Glories, Y. (1984). La couleur des vins rouge. 2. partie. Mesure, origine et interpretation. *Connaissance de la Vigne et du Vin*(18).
- Gorman, S. (18 de Junho de 2008). *Is Google Maps GIS? Is Excel SAS/SPSS/Stata? Is GIS in the Cloud the Answer?* Obtido em 27 de Dezembro de 2013, de ESRI dc: <http://blog.dc.esri.com/2008/06/18/is-google-maps-gis-is-excel-sasspsstata-is-gis-in-the-cloud-the-answer/>
- Graça, A., & Pessanha, M. (2011). Increasing efficiency in production management of a wine enterprise: the project I.C.O.N.E. *Digital Proceedings of XXXIV World Congress of Vine and Wine*. (OIV, Ed.) Porto.
- Iland, P. G., Gawel, R., McCarthy, M. G., Botting, D. G., Giddings, J., Coombe, B. G., et al. (1996). The glycosyl-glucose assay - Its application to assessing grape composition. *Proceedings of the 9th. Australian Wine Industry technical Conference* (pp. 89-100). Adelaide: Winetitles.
- Iland, P., Bruer, N., Ewart, A., Markides, A., & Sitters, J. (2004). *Monitoring the winemaking process from grapes to wine - techniques and concepts*. Campbelltown: Patrick Iland Wine Promotions Pty. Ltd.
- IVDP. (2012). Área de vinha e a sua composição. Porto. Obtido em 31 de Dezembro de 2013, de <http://www.ivdp.pt/>

- Jackson, D. I., & Lombard, P. B. (1993). Environmental and management practices affecting grape composition and wine quality. *American Journal of Enology and Viticulture*, 44, 409-430.
- Jackson, R. S. (2000). *Wine Science*. San Diego: Academic Press.
- Jones, G. V. (2012). *A Climate Assessment for the Douro Wine Region: An Examination of the Past, Present, and Future Climate Conditions for Wine Production*. Peso da Régua: ADVID.
- Jones, G. V., & Alves, F. (2013). The climate of the Douro: structure, trends and mitigation and adaptation responses to a changing climate. *Proceedings of the 18th International Symposium GiESCO. I*, pp. 199-215. Porto: GiESCO.
- Kennedy, J. (Julho - Agosto de 2002). *Understanding grape berry development*. Obtido em 28 de Dezembro de 2013, de Practical Winery and Vineyard Journal: <http://www.practicalwinery.com/JulyAugust02/julaug02p14.htm>
- Krstic, M., Moulds, G., Panagiotopoulos, B., & West, S. (2003). *Growinng quality grapes to winery specification*. Adelaide: Winetitles.
- Lamb, D. W., Weedon, M. M., & Bramley, R. G. (2004). Using remote sensing to predict grape phenolics and colour at harvest in a Cabernet Sauvignon vineyard: Timing observations against vine phenology and optimising image resolution. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 10, 46-54.
- Llopis, J. P. (2006). *Sistemas de informacion geografica aplicados a la gestion del territorio*. San Vicente, Alicante: Editorial Club Universitario.
- Lopes, J., Eiras-Dias, J., Abreu, F., Clímaco, P., Cunha, J., & Silvestre, J. (2008). Exigências térmicas, duração e precocidade de estados fenológicos de castas da coleção ampelográfica nacional. *Ciência Téc. Vitiv.*, 23(1), 61-71.
- Magalhães, N. (2008). *Tratado de Viticultura - A videira, a vinha e o terroir*. Lisboa: Chaves Ferreira Publicações.
- Magalhães, N., Oliveira, A. A., Carvalho, J. B., Pimentel, E., Antunes, A., Banza, J., et al. (1998). La selección policlonal como un método para preservar la variabilidad genética de las variedades de vid en Portugal. *Actas XXIII Congrès Mondial de la Vigne et du Vin* (pp. 1-23 - 28). Lisboa: OIV.
- Martínez-Casnovas, J. A., Concepción Ramos, M., & Espinal-Utgés, S. (2010). Hillslope terracing effects on the spatial variability of plant development as assessed by NDVI in vineyards of the Priorat region (NE Spain). *Environmental monitoring and assessment*, 163(1-4), 379-396.
- Martins, A. (2009). Variabilidad genética de las variedades de cepas portuguesas: métodos y estrategias para su conservación, evaluación y uso. *ACEnología*(112).
- Martins, A., Carneiro, L. C., Gonçalves, E., Pedroso, V., Almeida, C., Magalhães, N., et al. (2009). Perspectivas sobre a origem de castas do Dão baseadas na variabilidade genética

- intravarietal. *Actas do 1º Congresso Internacional dos Vinhos do Dão, Inovação e Desenvolvimento*. Viseu.
- Martins, A., Carneiro, L. C., Mestre, S., Gonçalves, E., Neves-Martins, J., Almeida, C., et al. (1998). Facteurs d'instabilité du rendement de clones de vigne. *Actas XXIII Congrès Mondial de la Vigne et du Vin* (pp. 1-169 - 174). Lisboa: OIV.
- Mathews, A. J. (2013). Applying Geospatial Tools and Techniques to Viticulture. *Geography Compass*, 7(1), 22-34.
- McCarthy, M. G., & Coombe, B. G. (1999). Is weight loss in ripening grape berries cv. Shiraz caused by impeded phloem transport? *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 5, 17-21.
- McClendon, B. (5 de Outubro de 2011). *Google Earth downloaded more than one billion times*. Obtido em 27 de Dezembro de 2013, de Google Maps: <http://google-latlong.blogspot.pt/2011/10/google-earth-downloaded-more-than-one.html>
- Morlat, R. (2010). *Traité de viticulture de terroir*. Paris: Editions Tec & Doc.
- Open Source Initiative. (01 de Setembro de 2012). *Open Source Initiative*. Obtido em 26 de Dezembro de 2013, de The Open Source Definition: <http://opensource.org/osd>
- Peynaud, E. (1981). *Connaissance et travail du vin*. Paris: Dunod.
- Proffitt, T., Bramley, R., Lamb, D., & Winter, E. (2006). *Precision viticulture - a new era in vineyard management and wine production*. Ashford: Winetitles Pty. Ltd.
- Rankine, B. C. (1989a). Grape development and composition. In B. C. Rankine, & T. M. Australia (Ed.), *Making Good Wine* (pp. 25-29). South Yarra, VIC, Austrália: Sun Australia.
- Rankine, B. C. (1989b). The role of the enologist. In B. C. Rankine, & T. M. Australia (Ed.), *Making Good Wine* (pp. 14-22). South Yarra: Sun Australia.
- Reifke, L. (2009). *Harnessing the Power of Google Earth for Seagrass Conservation in the Comoros Islands*. Oregon State University. Corvallis: Oregon State University.
- Ribéreau-Gayon, P., Dubourdieu, D., Donèche, B., & Lonvaud, A. (1998). *Traité d'Oenologie* (Vol. I). Paris: Dunod.
- Rocha, R. L. (2010). *Aplicação dos sistemas de informação geográfica em estudos de caracterização biofísica da ilha de Santo Antão em Cabo Verde*. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. Vila Real: UTAD.
- Rodríguez-Rey Martín, C. (2009). *Viticultura de precisión y Teledetección: relación entre índices de reflectancia espectral y parámetros de vigor en parcelas de viñedo de la variedad Chardonnay*. Barcelona: Escola Superior d'Agricultura de Barcelona - Universitat Politècnica de Catalunya.

- Rousseau, J., & Delteil, D. (Julho / Agosto de 2000). Présentation d'une méthode d'analyse sensorielle des baies de raisin. Principe, méthode, interprétation. *Revue Française d'Oenologie*(183), pp. 10-13.
- Sastre Olmos, P. (2010). *Sistemas de Información Geográfica (SIG) Técnicas básicas para estudios de biodiversidad*. Madrid: GBIF.
- Shanmuganathan, S., Sallis, P., Pavesi, L., & Jarur Muñoz, M. (2008). Computational intelligence and geo-informatics in viticulture. *Second Asia International Conference on Modelling & Simulation* (pp. 480-485). Kuala Lumpur: IEEE Computer Society.
- Smith, L., & Firms, P. (1998). Applied Research into the Integration of Spatial Information Systems with Viticultural Research & Vineyard Management Systems. *Proceedings of the Spatial Information Research Centre's 10th Colloquium* (pp. 299-306). Otago: University of Otago.
- Taylor, J., Tisseyre, B., & Praat, J.-P. (2005). Bottling Good Information: Mixing Tradition and Technology in vineyards. *Information and Technology for Sustainable Fruit and Vegetable Production* (pp. 719-736). Montpellier: FRUTIC 05.
- Tisseyre, B. (7 de Julho de 2013). *Precision Viticulture*. Obtido em 30 de Dezembro de 2013, de ECPA2013: <http://www.ecpa2013.udl.cat/docs/9ECPA-keynote-TISSEYRE.pdf>
- Trought, M. C., & Bramley, R. G. (2011). Vineyard variability in Marlborough, New Zealand: Characterising spatial and temporal changes in fruit composition and juice quality in the vineyard. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 17(1), 79-89.
- West, J. B., Ehleringer, J. R., & Cerling, T. E. (2007). Geography and Vintage Predicted by a Novel GIS Model of Wine $\delta^{18}O$. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(17), 7075-7083.
- Williams, P. J., Francis, I. L., & Black, S. (1996). Changes in concentration of juice and must glycosides, including flavor precursors. *Proceedings of the 4th. International Symposium on Cool Climate Oenology and Viticulture* (pp. VI-5-10). Geneva: T. Henick-Kling et al.
- Winter, E., Whiting, J., & Rousseau, J. (2004). *Winegrape Berry Sensory Assessment in Australia*. Adelaide: Winetitles.
- Zoecklein, B. W. (2010). Practical methods of measuring grape quality. In A. G. Reynolds, *Managing wine quality* (pp. 107-129). Cambridge: Woodhead Publishing Ltd.
- Zoecklein, B. W., Fugelsang, K. C., Gump, B. H., & Nury, F. S. (1999). *Wine Analysis and Production*. Gaithersburg: Aspen Publishers Inc.

ANEXO I

TRATAMENTO ESTATÍSTICO DOS DADOS OBSERVADOS

ANEXO I

TRATAMENTO ESTATÍSTICO DOS DADOS OBSERVADOS

MÉDIAS DE 11 ANOS POR INTERVALO ENTRE DATA DE AMOSTRAGEM E DATA DE VINDIMA (SEMANAS)								DESVIO-PADRÃO DE 11 ANOS POR INTERVALO ENTRE DATA DE AMOSTRAGEM E DATA DE VINDIMA (SEMANAS)							
Talhão	Intervalo para data de vindima (semanas)							Talhão							
	1	2	3	4	5	6+	1		2	3	4	5	6+		
IPT								IPT							
8	34.4	40.0	42.3	33.7	31.3	31.2		8	7.9	13.9	14.3	14.4		10.1	
11	31.2	35.3	38.5	38.0				11	9.7	8.8	8.6	8.8			
18	39.8	40.3	45.5	42.0	43.2	36.7		18	8.9	14.0	11.4	14.7	25.4		
34	25.1	26.6	24.3	27.5	44.1	42.2		34	4.1	8.2	7.8	11.7		3.3	
40	32.2	26.3	24.4	35.6	30.5	45.9		40	7.4	3.8	5.3	13.9	11.1	3.1	
43	44.0	40.7	51.6	42.0	46.4	41.6		43	16.8	14.3	16.2	12.1	15.7	24.7	
60	26.6	27.2	25.1	22.4	35.3	43.2		60	5.8	6.6	7.1	9.9	11.2	1.2	
71	34.6	35.2	34.1	29.5	43.5	58.8		71	8.6	12.7	12.0	11.8	6.4		
73	33.5	31.8	30.1	30.1	48.1	33.4		73	10.2	9.1	11.0	10.8	16.7		
76	32.5	32.9	30.5	31.1	55.6			76	6.7	11.9	9.9	7.5			
79	29.8	26.2	29.8	29.7	35.7	46.2		79	5.7	8.1	6.8	5.2			
81	32.7	31.2	29.0	27.9	38.9	50.4		81	10.2	10.9	6.8	3.4			
91	32.4	41.3	31.5	33.9	41.3	39.3		91	4.8	27.7	7.7	13.8		9.7	
100	35.6	41.2	47.9	44.8	43.5	46.4		100	9.9	5.1	18.2	18.9	0.3	12.5	
109	31.9	38.1	39.7	36.1	44.5	48.5		109	7.2	12.4	12.1	9.3			
120	47.5	41.6	37.4	33.5				120	15.9	3.7	3.7	9.1			
121	37.6	35.1	35.8	32.4	27.6	45.4		121	7.4	10.5	10.9	12.8			
127	33.5	36.1	39.0	31.3				127	7.6	8.3	6.6	14.0			
130	37.2	31.8	40.1					130	11.4	6.6	14.0				
136	40.7	37.7	34.2	37.3	41.4			136	6.5	10.2	7.9	10.5	4.8		
152	35.1	40.0	35.4	38.8				152	9.5	11.6	9.5	8.4			
157	43.9	46.2	39.6	47.9	19.7			157		14.4	9.9				
158	44.2	47.9	41.7	45.0	26.8			158		10.7	0.1				
163	53.7	45.8	38.4	42.2	55.9			163	2.8	3.8	3.8				
168	36.7	41.4	37.6	39.5	38.4	53.1		168	5.3	10.6	14.2	9.4	18.5	5.1	
174	33.2	32.0	33.0	30.3	35.3	43.9		174	5.5	8.1	10.5	8.0	7.9		
175	36.5	46.4	45.6	42.5				175	4.5	5.1	8.6				
178	35.9	35.5	36.3	35.0	49.4	47.2		178	9.5	6.5	13.0	10.3	5.4	9.1	
179	42.8	48.4	43.4	40.8	31.7			179		13.5	1.1				
184	33.7	30.7	35.8	31.9				184	8.6	6.1	12.4	1.6			
ApH3,2								ApH3,2							
8	268	292	393	271	176	226		8	58	41	76	108		28	
11	249	312	342	315				11	91	54	70	76			
18	370	390	415	367	367	255		18	69	83	75	99	69		
34	206	190	170	246	361	303		34	61	50	40	118		28	
40	263	222	216	298	246	372		40	144	36	60	180	135	32	
43	402	358	410	355	304	290		43	99	64	75	98	141	144	
60	177	222	227	208	266	328		60	73	43	47	15	171	62	
71	370	395	417	397	263	405		71	76	118	128	149	158		
73	326	366	331	294	312	158		73	153	112	88	91	143		
76	279	283	303	328	467			76	86	90	116	94			
79	305	309	330	278	221	389		79	109	129	95	110			
81	317	383	334	328	358	355		81	105	215	110	165			
91	309	340	339	319	369	328		91	63	170	76	99		6	
100	315	346	411	429	356	366		100	62	74	120	82	99	149	
109	215	302	362	292	417	361		109	98	88	146	139			
120	291	285	219	255				120	117	82	9	1			
121	271	303	343	252	297	315		121	54	44	81	57			
127	245	278	334	265				127	82	71	83	3			
130	220	206	254					130	77	89	213				
136	287	341	360	382	254			136	104	78	142	80	94		
152	308	336	356	296				152	85	107	79	113			
157	352	289	189	190	149			157		108	44				
158	319	311	268	218	225			158		45	32				
163	370	305	202	215	205			163	2	97	30				
168	289	320	259	344	334	345		168	73	78	50	126	175	68	
174	312	362	370	379	290	355		174	113	80	108	137	167		
175	287	301	287	210				175	70	80	275				
178	270	303	284	301	277	345		178	85	95	113	125	150	20	
179	298	272	246	145	164			179		69	109				
184	233	270	281	192				184	80	110	158	40			
ApH1								ApH1							
8	526	725	793	706	525	569		8	146	349	285	386		26	
11	678	736	936	736				11	281	269	309	98			
18	738	892	761	668	678	666		18	289	253	202	238	26		
34	556	459	400	531	754	770		34	161	203	175	325		41	
40	633	591	377	655	651	948		40	334	184	79	491	415	44	
43	727	674	818	720	738	684		43	277	152	159	223	184	238	
60	445	576	430	427	566	730		60	292	207	72	20	381	95	
71	692	752	793	749	770	847		71	147	137	291	306	314		
73	621	637	628	515	698	385		73	202	208	192	239	248		
76	606	634	697	680	1131			76	184	297	380	182			
79	628	595	596	498	604	912		79	129	149	189	194			
81	630	754	699	677	1186	685		81	254	417	308	259			
91	655	509	489	557	748	744		91	231	186	151	302		44	
100	583	803	735	778	852	844		100	248	136	166	337	118	136	
109	638	786	660	627	773	894		109	285	339	206	139			
120	717	732	508	571				120	284	254					
121	599	629	695	459	638	891		121	184	224	322	109			
127	897	942	816	715				127	332	339	231				
130	611	771	681					130	137	327	488				
136	709	645	687	677	700			136	218	220	267		387		
152	850	906	809	832				152	261	457	127	241			
157		780	446	469	306			157		279					
158		1089	722	631	562			158		272					
163	1026	761	409	481	678			163		144					
168	662	777	676	663	688	720		168	175	294	212	328	277	189	
174	774	767	678	690	770	852		174	229	234	256	254	396		
175	895	763	629	750				175	41	168					
178	634	615	583	700	659	854		178	176	198	243	349	463	72	
179		725	427	390	471			179		163					
184	910	757	847	543				184	174	188	584				

ANEXO I

AP							AP						
8	12.15	12.25	11.72	10.74	12.83	11.30	8	1.28	1.49	0.79	1.11		0.42
11	12.10	12.55	11.72	11.59			11	3.13	0.36	1.16	0.90		
18	13.04	12.88	12.83	12.93	12.53	11.34	18	0.75	0.18	0.92	1.56	2.27	
34	12.92	12.83	11.24	12.18	11.81	11.47	34	1.15	1.31	0.79	1.16		0.18
40	12.97	13.34	12.51	13.34	11.61	11.72	40	1.19	1.42	0.62	0.91	0.20	0.50
43	14.61	13.43	13.69	12.85	12.14	11.00	43	1.11	0.80	1.32	0.97	2.21	0.76
60	13.29	12.53	12.13	11.44	11.68	11.58	60	1.55	2.23	0.69	1.10	1.16	0.24
71	13.14	12.95	12.29	11.87	10.42	8.67	71	1.01	0.87	1.13	0.82	0.42	
73	13.47	13.33	12.58	11.94	12.90	11.40	73	0.69	1.57	0.94	1.56	0.20	
76	12.55	12.09	11.47	10.77	9.86		76	1.18	0.87	0.77	0.99		
79	13.38	12.71	12.40	12.19	11.34	11.68	79	1.02	0.97	0.94	1.59		
81	13.20	12.29	11.92	11.58	9.66	10.26	81	1.18	1.02	0.92	0.86		
91	13.29	12.81	12.29	12.36	11.34	11.61	91	1.48	1.31	0.48	0.57		0.76
100	13.50	13.59	13.81	12.59	12.13	11.25	100	0.66	0.52	0.95	1.38	1.11	0.43
109	12.39	12.58	11.80	10.94	11.81	10.46	109	0.54	1.39	1.04	1.52		
120	12.79	15.67	11.95	11.95			120	1.17	4.71	1.15	1.54		
121	13.52	13.24	12.55	12.34	13.59	11.54	121	1.19	1.46	1.41	1.70		
127	12.52	11.92	12.01	12.02			127	1.02	1.26	0.59	0.47		
130	15.67	14.72	13.69				130	1.23	1.05	0.80			
136	14.64	13.93	13.23	13.22	13.25		136	0.96	0.90	1.20	1.33	1.12	
152	13.00	12.20	11.94	11.11			152	0.84	0.72	0.75	0.50		
157	11.75	11.58	11.11	9.99	9.39		157		1.09	0.81			
158	14.15	13.20	13.21	11.88	10.90		158		0.62	0.34			
163	14.19	12.84	12.26	11.88	10.86		163	0.05	1.11	1.59			
168	13.52	12.54	11.75	11.59	11.52	10.24	168	1.00	0.98	1.07	0.69	2.16	1.02
174	13.27	12.47	12.73	11.66	11.74	11.27	174	0.83	1.46	1.16	1.05	0.48	
175	13.12	12.37	11.24	11.60			175	0.98	0.72	1.05			
178	13.20	12.08	12.01	12.46	10.44	10.16	178	1.69	1.62	1.58	2.11	2.14	0.61
179	11.00	11.38	11.58	9.79	10.32		179		0.15	1.77			
184	12.07	11.56	11.33	11.04			184	0.95	0.94	1.14	1.48		
pH							pH						
8	4.04	3.86	3.81	3.89	3.88	3.38	8	0.26	0.12	0.16	0.27		0.28
11	3.92	3.80	3.68	3.70			11	0.12	0.11	0.14	0.28		
18	3.89	3.95	3.86	3.83	3.59	3.79	18	0.11	0.06	0.16	0.09	0.11	
34	3.88	3.80	3.71	3.58	3.64	3.75	34	0.09	0.07	0.21	0.48		0.05
40	3.84	3.82	3.70	3.75	3.41	3.77	40	0.14	0.20	0.05	0.19	0.50	0.07
43	3.99	3.89	3.80	3.66	3.58	3.29	43	0.12	0.17	0.17	0.34	0.19	0.20
60	3.88	3.72	3.68	3.47	3.69	3.68	60	0.15	0.12	0.12	0.02	0.07	0.05
71	3.73	3.71	3.64	3.55	3.45	3.26	71	0.13	0.15	0.17	0.11		0.04
73	3.87	3.84	3.77	3.65	3.67	3.52	73	0.15	0.11	0.13	0.19	0.07	
76	3.76	3.73	3.72	3.62	3.55		76	0.12	0.11	0.08	0.06		
79	3.82	3.76	3.76	3.65	3.63	3.66	79	0.13	0.18	0.15	0.10		
81	3.94	3.86	3.76	3.77	3.60	3.55	81	0.12	0.12	0.23	0.10		
91	4.02	3.98	3.91	3.97	3.88	3.75	91	0.07	0.08	0.11	0.04		0.05
100	3.94	3.85	3.81	3.68	3.58	3.51	100	0.19	0.03	0.13	0.01	0.14	0.10
109	3.88	3.82	3.76	3.75	3.87	3.60	109	0.17	0.07	0.15	0.04		
120	4.01	3.92	3.61	3.53			120	0.06	0.09	0.43	0.56		
121	3.91	3.81	3.75	3.62	3.71	3.51	121	0.11	0.13	0.24	0.22		
127	3.69	3.59	3.60	3.26			127	0.12	0.09	0.06	0.54		
130	3.85	3.78	3.75				130	0.07	0.14	0.09			
136	3.93	3.85	3.77	3.75	3.70		136	0.09	0.09	0.11	0.11	0.08	
152	3.81	3.73	3.70	3.52			152	0.16	0.13	0.10	0.23		
157	3.93	3.91	3.91	3.74	3.27		157		0.15	0.00			
158	3.75	3.65	3.70	3.51	2.96		158		0.22	0.05			
163	3.94	3.82	3.87	3.11	3.53		163	0.13	0.07	0.08			
168	3.90	3.69	3.70	3.75	3.25	3.46	168	0.17	0.11	0.12	0.04	0.51	0.10
174	3.82	3.73	3.74	3.59	3.67	3.51	174	0.10	0.15	0.13	0.23	0.03	
175	3.79	3.67	3.61	3.05			175	0.14	0.09	0.18			
178	3.95	3.85	3.76	3.78	3.63	3.52	178	0.25	0.15	0.17	0.15	0.06	0.05
179	3.82	3.76	3.88	3.28	3.76		179		0.20	0.07			
184	3.79	3.72	3.74	3.74			184	0.18	0.16	0.12	0.21		
Acidez total (g/LAT)							Acidez total (g/LAT)						
8	3.94	4.42	4.82	4.29	3.53	4.73	8	0.58	0.58	0.47	0.66		0.11
11	3.93	4.24	4.79	4.75			11	0.68	0.48	0.55	0.79		
18	4.05	4.26	4.60	4.27	5.35	4.65	18	0.60	0.06	0.46	0.70	0.28	
34	3.72	4.24	4.29	4.01	3.98	4.16	34	0.38	0.20	0.83	0.63		0.35
40	3.77	4.24	4.33	3.74	4.56	4.20	40	0.55	0.51	0.90	0.80	0.66	0.54
43	3.87	4.22	4.70	4.30	5.23	5.30	43	0.05	0.18	0.52	0.91	1.32	0.29
60	3.74	4.38	4.40	4.37	4.60	4.45	60	0.41	0.28	1.09	0.08	0.60	0.32
71	4.28	4.76	5.12	5.19	6.43	8.66	71	0.32	0.53	0.59	1.04	0.40	
73	3.79	3.82	4.22	4.70	4.58	4.95	73	0.61	0.57	0.56	0.72	0.64	
76	4.47	4.45	4.46	4.84	5.52		76	0.32	0.36	0.63	1.19		
79	3.76	3.96	4.10	4.34	4.79	4.77	79	0.68	0.66	0.83	0.42		
81	4.17	4.28	4.40	4.37	5.03	6.09	81	0.33	0.45	0.42	0.56		
91	3.78	4.07	4.27	3.63	3.72	4.54	91	0.35	0.49	0.72	0.06		0.00
100	3.88	4.45	4.75	4.76	4.95	5.79	100	0.48	0.33	0.43	0.95	0.00	0.62
109	4.25	4.96	4.77	4.64	4.42	5.03	109	0.65	1.17	0.74	0.62		
120	4.29	4.59	4.61	4.84			120	0.10	1.29	0.58	0.05		
121	3.72	3.78	4.15	3.91	4.54	5.26	121	0.41	0.41	0.40	0.28		
127	4.19	4.19	4.18	4.78			127	0.36	0.41	0.19	0.18		
130	4.21	4.48	4.23				130	0.32	0.58	0.43			
136	3.53	3.56	3.84	3.70	4.33		136	0.36	0.46	0.74	0.42	0.61	
152	4.53	4.53	4.52	4.75			152	0.54	0.58	0.47	0.14		
157	3.90	4.50	4.55	4.88	5.33		157		1.10	0.07			
158	4.10	4.87	4.79	5.40	6.30		158		1.24	0.30			
163	4.15	4.86	4.38	5.63	6.30		163	0.07	0.54	0.46			
168	4.16	4.89	4.96	4.43	5.80	6.17	168	0.54	0.66	0.62	0.66	1.23	1.09
174	4.38	4.56	4.69	4.48	5.07	6.00	174	1.04	0.92	0.87	0.38	0.04	
175	4.65	4.80	5.01	6.00			175	0.49	0.75	1.20			
178	4.06	4.65	4.70	4.32	5.44	6.26	178	0.66	0.91	0.49	0.45	0.89	0.11
179	4.30	4.78	4.70	5.25	4.88		179		0.79	0.14			
184	4.50	4.58	4.51	4.93			184	0.52	0.72	0.39	0.04		

ANEXO I

Peso 100 bagos (g)							Peso 100 bagos (g)							
8	195	209	180	193	187	170	8	48	36	26	80			13
11	171	216	223	216			11	41	39	40	21			
18	110	145	126	120	133	143	18	12	19	30	35		24	
34	158	191	163	197	236	254	34	52	23	30	22			22
40	175	170	201	207	242	256	40	38	29	38	61		54	15
43	114	155	133	129	166	137	43	1	24	35	34		25	17
60	198	174	161	215	231	274	60	50	55	34	39		55	16
71	131	120	127	162	151	126	71	45	29	21	56		15	
73	182	164	163	187	209	174	73	43	36	47	35		33	
76	158	167	178	191	220		76	54	16	33	54			
79	171	189	192	205	237	261	79	28	45	56	60			
81	154	178	180	226	205	267	81	34	31	43	30			
91	119	160	193	194	267	264	91	18	39	26	65			23
100	108	154	136	122	144	141	100	13	4	44	33		0	23
109	159	177	189	182	269	219	109	55	18	58	18			
120	127	153	162	178			120	37	23	22	9			
121	143	184	172	182	281	214	121	31	39	47	44			
127	164	182	206	197			127	53	35	33	2			
130	179	205	226				130	42	40	20				
136	170	166	189	188	224		136	32	43	43	34		6	
152	192	220	227	262			152	34	33	31	39			
157	116	112	89	99	158		157		52	4				
158	184	149	189	191	149		158		63	14				
163	109	123	199	158	153		163	55	43	84				
168	140	146	140	169	165	166	168	36	50	13	24		17	6
174	162	159	175	185	244	245	174	29	60	43	39		2	
175	144	141	171	132			175	20	15	62				
178	132	116	133	146	152	193	178	18	35	24	26		68	6
179	146	128	118	127	173		179		72	18				
184	153	173	192	227			184	30	21	38	56			

ANEXO II
ANÁLISE DE REGRESSÃO MÚLTIPLA

ANEXO II

ANÁLISE DE REGRESSÃO MÚLTIPLA

Valores médios de 11 anos de cada parâmetro de qualidade enológica em função do intervalo entre a data de amostragem e a data da vindima para todos os talhões em estudo:

Intervalo (dias)	P100b	AT	pH	AP	ApH1	ApH3,2	IPT
8	155.8	4.17	3.850	13.27	695.9	288.9	35.94
16	175.1	4.42	3.752	12.76	722.4	313.9	35.04
24	173.8	4.56	3.717	12.14	715.7	345.4	35.32
32	183.4	4.55	3.648	11.82	656.0	313.7	34.64
40	192.0	5.04	3.580	11.66	715.0	298.0	40.80
48	203.0	5.29	3.560	10.99	776.2	331.2	45.56

Regressão múltipla de Intervalo em função de P100b, AT, pH e AP

SUMMARY OUTPUT								
<i>Regression Statistics</i>								
Multiple R	0.997655592							
R Square	0.995316681							
Adjusted R Square	0.976583406							
Standard Error	2.290265709							
Observations	6							
ANOVA								
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>			
Regression	4	1114.754683	278.6886707	53.13094896	0.102491915			
Residual	1	5.245317018	5.245317018					
Total	5	1120						
	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95.0%</i>	<i>Upper 95.0%</i>
Intercept	358.9348846	212.2956401	1.690731305	0.340029094	-2338.536984	3056.406753	-2338.536984	3056.406753
P100b	-0.155928065	0.339452012	-0.459352309	0.725868957	-4.469074822	4.157218691	-4.469074822	4.157218691
AT	9.017373987	8.476765785	1.063775291	0.480333278	-98.69014758	116.7248955	-98.69014758	116.7248955
pH	-67.05869862	50.26444265	-1.334118018	0.409485761	-705.7289979	571.6116006	-705.7289979	571.6116006
AP	-8.081071802	5.164566843	-1.564714341	0.362026819	-73.70311548	57.54097188	-73.70311548	57.54097188

Função de regressão: $y = 358.93 - 0.16P100b + 9.01AT - 67.06pH - 8.08AP$, $r^2 = 0.9953$

Comparação entre Intervalo e y (intervalo estimado a partir de P100b, AT, pH e AP):

Intervalo (dias)	y
8	6.87
16	16.74
24	25.59
32	31.23
40	40.10
48	47.46

Regressão múltipla de Intervalo em função de ApH1, ApH3,2 e IPT:

SUMMARY OUTPUT								
<i>Regression Statistics</i>								
Multiple R	0.952232903							
R Square	0.906747502							
Adjusted R Square	0.766868756							
Standard Error	7.226437487							
Observations	6							
<i>ANOVA</i>								
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>			
Regression	3	1015.557203	338.5190675	6.482382235	0.136565193			
Residual	2	104.4427975	52.22139875					
Total	5	1120						
	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95.0%</i>	<i>Upper 95.0%</i>
Intercept	-30.64764566	69.10297533	-0.44350689	0.700763092	-327.9737511	266.6784598	-327.9737511	266.6784598
ApH1	-0.33745264	0.153331702	-2.200801507	0.158719401	-0.997185705	0.322280425	-0.997185705	0.322280425
ApH3,2	0.368074291	0.17880283	2.058548459	0.175764004	-0.401252195	1.137400776	-0.401252195	1.137400776
IPT	4.84148089	1.265796425	3.824849554	0.062059909	-0.604801551	10.28776333	-0.604801551	10.28776333

Função de regressão: $y = -30.65 - 0.34\text{ApH1} + 0.37\text{ApH3,2} + 4.84\text{IPT}$, $r^2 = 0.9067$

Comparação entre Intervalo e y (intervalo estimado a partir de ApH1, ApH3,2 e IPT):

Intervalo (dias)	y
8	14.85
16	10.81
24	26.00
32	31.14
40	35.29
48	49.91

ANEXO III

**EVOLUÇÃO TEMPORAL, DURANTE A MATURAÇÃO, DA ESTRUTURA ESPACIAL
DA DISTRIBUIÇÃO DE 7 PARÂMETROS DE QUALIDADE ENOLÓGICA**

(MÉDIA DE 11 ANOS)

ANEXO III

EVOLUÇÃO TEMPORAL, DURANTE A MATURAÇÃO, DA ESTRUTURA ESPACIAL DE DISTRIBUIÇÃO DE 7 PARÂMETROS DE QUALIDADE ENOLÓGICA (MÉDIA DE 11 ANOS)

