

A viticultura de precisão na Região do Douro

Fernando A. Santos
fsantos@utad.pt
home.utad.pt/~fsantos

O que é a agricultura de precisão (AP)

- é a **gestão diferenciada das parcelas** em função da **variabilidade existente dentro e entre parcelas**;
- é a forma de fazer agricultura baseado na **aplicação diferenciada dos fatores de produção**, em função da heterogeneidade das parcelas;
- é a forma de **evitar a aplicação de uma taxa única de fatores** impedindo a sua sobre e sub aplicação nas diferentes partes homogéneas de uma parcela.

A AP inclui sistemas de **aquisição, controlo e gestão de informação** relativa à variabilidade das características do solo, plantas, meio ambiente, doenças, etc., no interior de uma parcela.

A implementação da AP está dependente de tecnologias tais como GPS, SIG, deteção remota, geoestatística, mas inclui também os aspetos agrónomicos não relacionados com estas tecnologias.



Agricultura de Precisão

AGRICULTURA CONVENCIONAL

- Não consideração da variabilidade espacial;
- Área total considerada homogénea;
- Recomendação é feita a partir de dados médios;
- Aplicação dos fatores de produção realizada em toda a área, com mesma dosagem.

vs

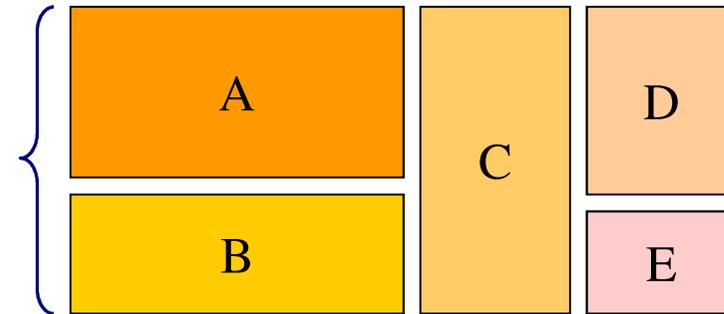
AGRICULTURA DE PRECISÃO

- Consideração da variabilidade espacial;
- Área total considerada heterogénea;
- Recomendação é específica para cada “célula”;
- Aplicação dos fatores de produção é realizada localizadamente e a taxas variáveis;

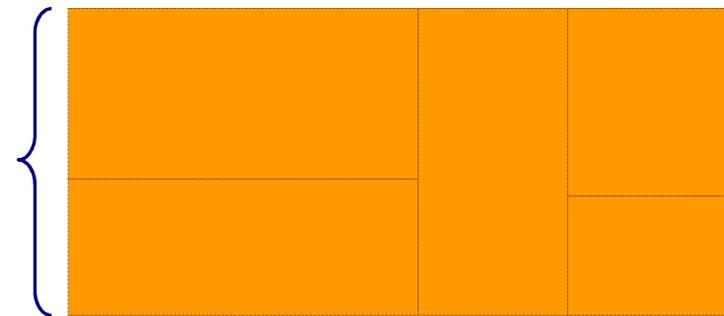
Departamento de Agronomia

Evolução da agricultura convencional para a agricultura de precisão tendo em consideração a mecanização

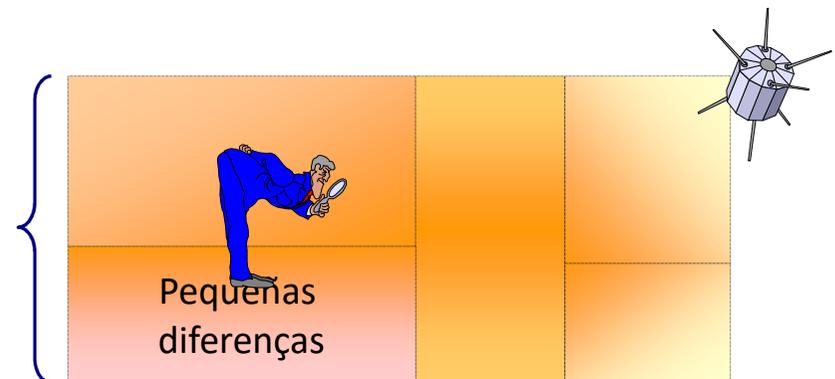
Agricultura convencional
Antes da mecanização
parcelas pequenas (diferenciação)



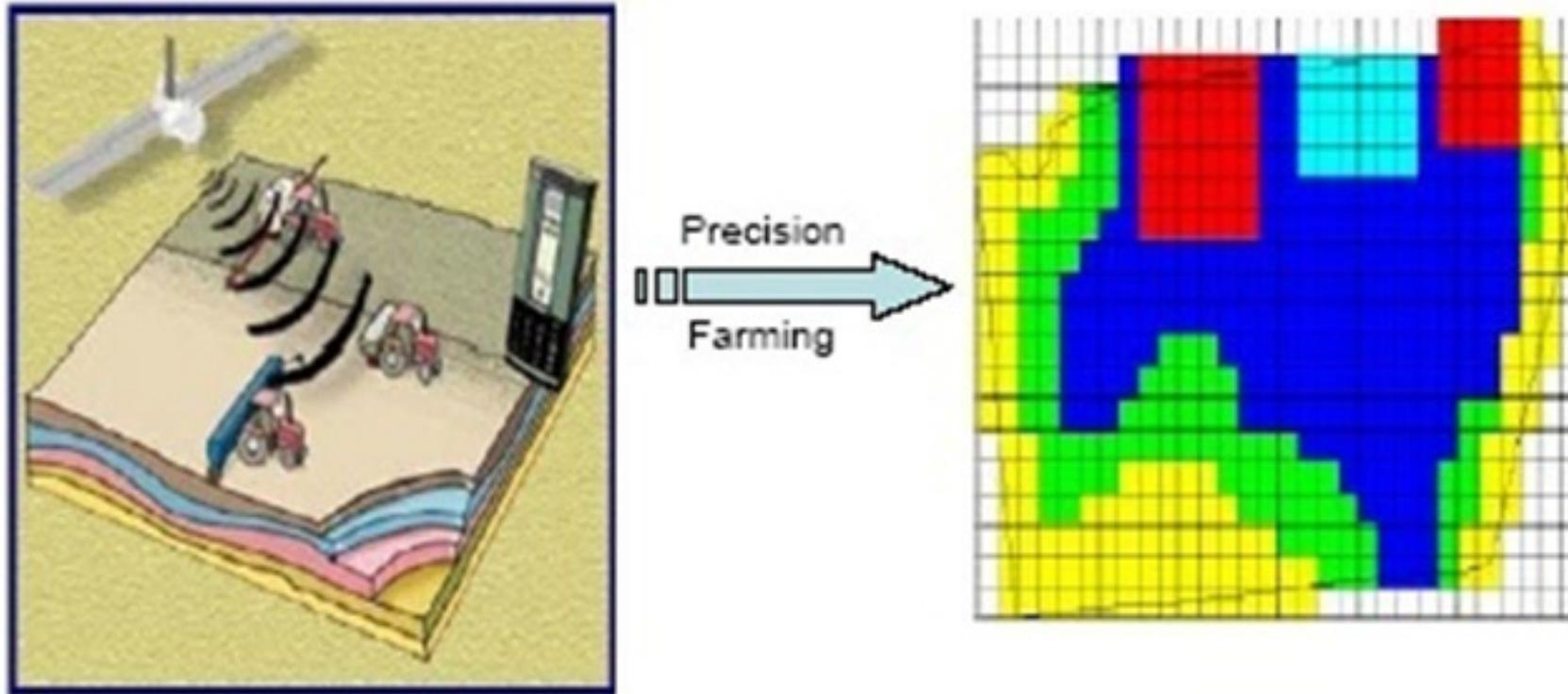
Agricultura convencional
Com mecanização intensiva
grandes parcelas homogêneas



Agricultura de precisão
Com mecanização intensiva
grandes parcelas heterogêneas



A AP torna um parcela de 1000 m² em 1000 parcelas de 1m²



Com a AP em vez de se considerar a parcela como um todo consideram-se áreas homogéneas dentro dela

Principais fatores de variabilidade na AP

Água

Tempo

Topografia

Nutrientes

Infestantes

Pragas e doenças

Genéticos

Quantidade de sementes

Outros



Estes fatores só devem ser considerados se:

- a sua **variabilidade for significativa**
- forem **espacialmente mensuráveis**
- a sua **variabilidade poder ser explicada e estabelecidas as relações espaciais**
- **apresentarem respostas espaciais às práticas culturais**
- **se obtiverem resultados positivos às práticas implementadas** (aumento da produção, redução do impacto ambiental, etc.)

Efeito da variabilidade nas características das culturas

A análise do **efeito da variabilidade do meio nas culturas** permite constatar que:

- **a cultura é o melhor sensor do ambiente onde está inserida. Os sensores, ao medirem o que a cultura está “a sentir”, podem fornecer informações sobre a forma como direcionar a aplicação, a taxas variáveis, dos fatores de produção;**
- a análise do estado das culturas pode ser feita através das suas características da **refletância espectral;**
- **o mapeamento da variabilidade espacial do stress da cultura torna possível o tratamento dos fatores que interferem com esse stress**, nomeadamente, as doenças, as deficiências de nutrientes e água no solo, etc.;
- **na maioria das situações a dificuldade do mapeamento da variabilidade espacial do stress da cultura prende-se com a identificação do factor responsável pelo stress, uma vez que todos eles induzem a cloroses foliares com pequenas condições de distinção, via característica espectral;**
- **o mapeamento permite identificar as áreas com stress devendo os técnicos identificar a causa do stress.**

Objectivos da AP

Intervenções correctas, momento adequado, lugar preciso.

Intervenções corretas. Exemplos: **aplicar a quantidade de N adequada**, depositar a quantidade de semente necessária, aplicar a quantidade de pesticida correcta, etc.;

Momento adequado. Possibilidade de **fazer variar a quantidade dos fatores a aplicar sempre que necessário** e não só no início da operação; ex. a aplicação do N de cobertura na altura certa.

Lugar preciso. Fazer **variar as quantidades dos fatores em função das características das parcelas** (variação intra e entre parcelas).

Para além destes objectivos deve **permitir ainda:**

- **a redução dos custos de produção;**
- **a protecção do meio ambiente;**
- **a melhoria da competitividade dos produtos** (qualidade e quantidade).

Benefícios da AP

Melhor estimativa das reais necessidades das culturas

Maior rigor na previsão das produções

Aumento dos outputs e/ou redução dos inputs

Melhoria no planeamento e gestão do tempo das atividades

Facilita a criação de históricos das atividades e seus resultados

Facilita as decisões dos agricultores e a escolha dos meios necessários e sua traçabilidade.

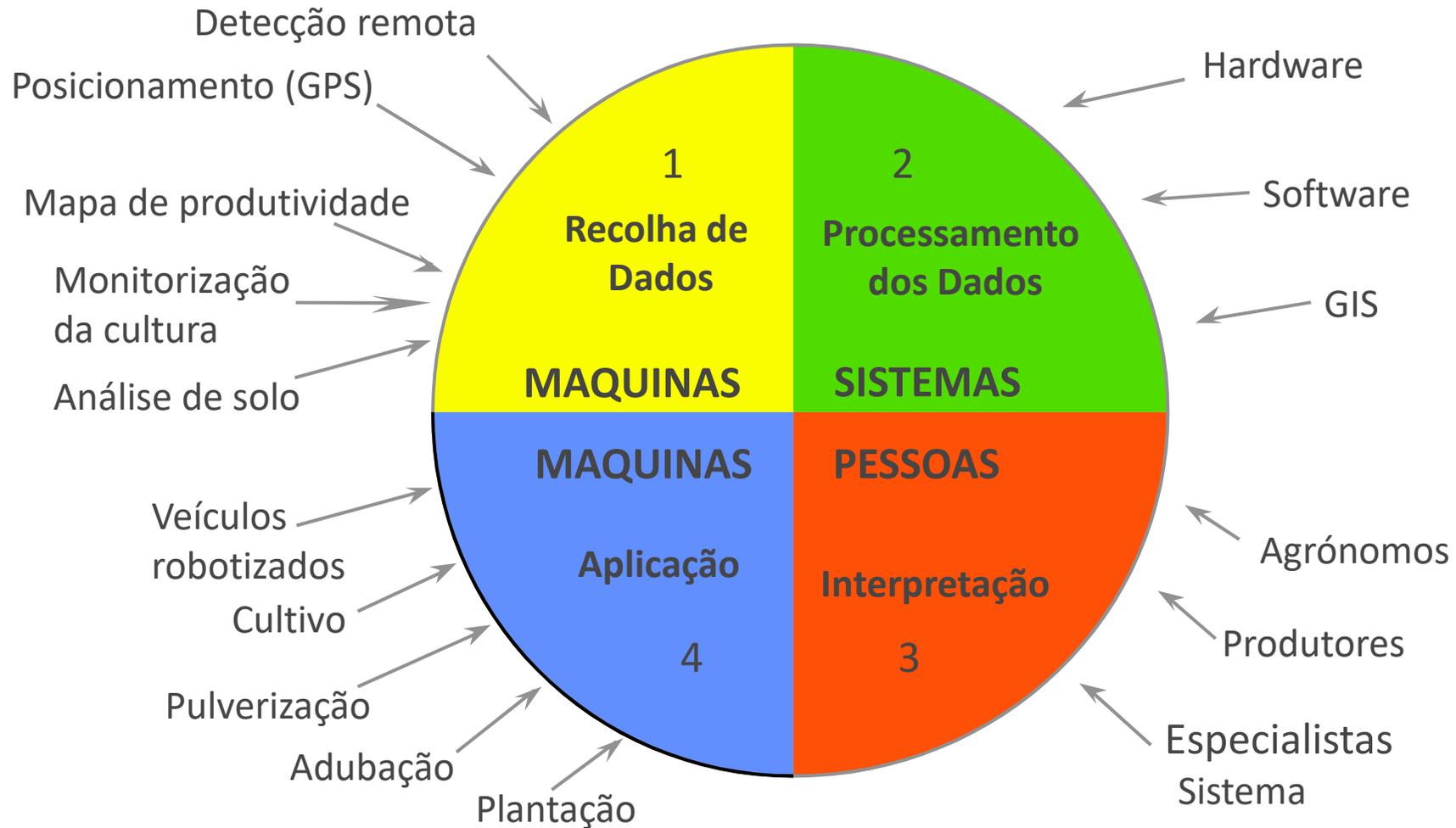
Diferentes fases da AP

O processo da AP inclui as **seguintes fases**:

- **recolha e processamento da informação** (sua conversão em formato digital);
- **análise dos dados digitalizados**;
- **tomada de decisão em função da análise dos dados**;
- **execução das operações, de acordo com as variações no tempo e espaço**.

RECOLHER → ANALISAR → DECIDIR → EXECUTAR

Fases da Agricultura de Precisão



Tecnologias utilizadas na AP

Sistemas de posicionamento global (GPS)

Sistemas de informação geográfica (SIG)

Tecnologias de aplicação variada dos inputs (VRT)

Monitores de produção (mapas de produção)

Sensores remotos e de proximidade

Sistemas de apoio à condução

Computadores e software

As **tecnologias** utilizadas em AP incluem **hardware e software** que permitem a recolha de informação e o controlo das ferramentas de gestão das culturas.

Os **conhecimentos** utilizados em AP referem-se à **integração da informação nas ferramentas de gestão** (*) que permitem maximizar o uso das tecnologias.

Tecnologias da AP

Monitores
de
produção

Deteção
remota e de
proximidade

Sistemas de
apoio à
condução

Equipamentos
para aplicação
variada de
fatores (VRT)

Sistemas de posicionamento global (GPS)

Sistemas de informação geográfica (SIG)

**Exemplo de uma parcela de vinha na
Região Demarcada do Douro
(Bateiras - Tinta Roriz - 1.13 ha)**

Representação dos pontos georeferenciados



41.174476, -7.549672

Metodologia

A escolha das **quatro parcelas** foi efetuada para se ter sempre a **mesma casta (Aragonês - Tinta Roriz)**, implantada em **diferentes formas de instalação**, vinhas em patamares de um e dois bardos e “ao alto”, a **diferentes altitudes e exposições**.

Esta “diversidade” teve como objetivo fomentar diferentes condições de desenvolvimento vegetativo nas plantas.

As parcelas foram “divididas” em **nove estações** distribuídas uniformemente em toda a sua área; nas vinhas em patamares as estações correspondem a patamares e, nas vinhas ao alto, cada estação inclui 3 - 4 linhas, conforme o seu comprimento.

Em cada uma das estações, escolheram-se **três pontos georeferenciados**, distribuídos uniformemente, junto dos quais se efetuaram todas as medições.

Os dados relativos ao meio ambiente foram determinados em todos os pontos georeferenciados, os relativos à composição das folhas e ao solo foram determinados para as nove estações e, para os dados da produção, as nove estações foram agrupadas em três grupos. Em cada parcela obtêm-se três vinhos diferentes.

Departamento de Agronomia

Equipamento utilizado:

- Sistema de Posicionamento Global - [GPS Trimble GeoExplorer CE](#);
 - Medidor de clorofila [SPAD-502](#);
 - [Espectroradiómetro](#) CID Leaf Probe 700 LP;
 - Termómetro de infravermelhos HI-99551;
 - Termohigrómetro Hygropalm Rotronic 0;
 - Anemómetro Lambrecht, modelo 1416 K50;
 - Computadores;
 - Equipamento variado (balanças, etc.).
-
- Equipamentos do laboratório de solos para análises de solo e plantas - UTAD
 - Equipamentos do laboratório de análises de vinho - CEVD

Dados recolhidos:

Caraterização do meio:

- temperatura e humidade do ar e temperatura das plantas e solo.

Caracterização das plantas:

- folhas - atividade fotossintética (SPAD), peso seco, área, concentração de macronutrientes (azoto, fósforo e potássio) e micronutrientes (cálcio, magnésio, boro, ferro, cobre, zinco e manganés) e refletância.
- caule - determinação da massa da lenha resultante da poda.

Caracterização do solo:

- textura do solo, pH em H₂O e KCl, matéria orgânica (MO), fósforo assimilável (P₂O₅), potássio assimilável (K₂O), cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K), sódio (Na), boro extraído em água quente (B), acidez de troca (AT), soma das bases totais (SBT), capacidade de troca catiónica efetiva (CTCe), grau de saturação em bases efetiva (GSBe).

Dados recolhidos (cont):

Caracterização da produção (bagos, mosto e vinho):

- bagos frescos - peso, álcool provável, teor de açúcar, acidez total, pH.
- bagos congelados - teor de açúcar, pH, acidez total, fenóis totais, antocianas totais.
- mostos - álcool provável, acidez total, pH
- vinhos - teor alcoólico, massa volúmica, extrato seco não redutor, açucares redutores, extrato seco total (extrato seco não redutor + açucares redutores), pH, acidez volátil, acidez fixa, acidez total (acidez total + acidez fixa), fenóis totais (DO280), intensidade da cor, tonalidade, cinzas, alcalinidade das cinzas, fosfatos inorgânicos das cinzas (PO_4), antocianas.

Dados recolhidos (cont):

Provas efetuadas aos vinhos:

- intensidade da cor, aroma, corpo, adstringência, aroma a frutos vermelhos, aroma floral, acidez total.

A escala de avaliação das características varia entre **0 e 5** e a nota final entre **0 e 20**. Esta nota, que é tanto mais alta, quanto melhor for a apreciação efetuada, será o principal elemento de referência para identificação das condições vitícolas e vinícolas que melhor potenciam a obtenção de vinhos de qualidade.

Departamento de Agronomia

Dados relativos às provas de vinhos (extrato da base de dados)

PatPt	X_DD	Y_DD	PrInCor06	PrAroma06	PrCorpo06	PrAd0906	PrFrVer06	PrFlor06	PrAcid06	PrNFin06
Pt1P1	-7.550756	41.174793	3.50	3.00	3.17	3.17	2.50	0.00	2.67	12.50
Pt1P2	-7.550793	41.174717	3.50	3.00	3.17	3.17	2.50	0.00	2.67	12.50
Pt1P3	-7.550776	41.174641	3.50	3.00	3.17	3.17	2.50	0.00	2.67	12.50
Pt2P1	-7.550534	41.174751	3.50	3.00	3.17	3.17	2.50	0.00	2.67	12.50
Pt2P2	-7.550551	41.174648	3.50	3.00	3.17	3.17	2.50	0.00	2.67	12.50
Pt2P3	-7.550497	41.174554	3.50	3.00	3.17	3.17	2.50	0.00	2.67	12.50
Pt3P1	-7.550336	41.174657	3.50	3.00	3.17	3.17	2.50	0.00	2.67	12.50
Pt3P2	-7.550266	41.174774	3.50	3.00	3.17	3.17	2.50	0.00	2.67	12.50
Pt3P3	-7.550209	41.174481	3.50	3.00	3.17	3.17	2.50	0.00	2.67	12.50
Pt4P1	-7.549975	41.174758	3.50	3.00	3.00	3.00	2.00	0.33	2.67	12.17
Pt4P2	-7.550132	41.174635	3.50	3.00	3.00	3.00	2.00	0.33	2.67	12.17
Pt4P3	-7.550037	41.174452	3.50	3.00	3.00	3.00	2.00	0.33	2.67	12.17
Pt5P1	-7.549652	41.174729	3.50	3.00	3.00	3.00	2.00	0.33	2.67	12.17
Pt5P2	-7.549858	41.174594	3.50	3.00	3.00	3.00	2.00	0.33	2.67	12.17
Pt5P3	-7.549697	41.174319	3.50	3.00	3.00	3.00	2.00	0.33	2.67	12.17
Pt6P1	-7.549373	41.174775	3.50	3.00	3.00	3.00	2.00	0.33	2.67	12.17
Pt6P2	-7.549553	41.174599	3.50	3.00	3.00	3.00	2.00	0.33	2.67	12.17
Pt6P3	-7.549491	41.174291	3.50	3.00	3.00	3.00	2.00	0.33	2.67	12.17
Pt7P1	-7.549179	41.174777	3.50	2.67	2.67	3.33	1.67	0.00	2.67	11.67
Pt7P2	-7.549422	41.174394	3.50	2.67	2.67	3.33	1.67	0.00	2.67	11.67
Pt7P3	-7.549075	41.173858	3.50	2.67	2.67	3.33	1.67	0.00	2.67	11.67
Pt8P1	-7.548978	41.174786	3.50	2.67	2.67	3.33	1.67	0.00	2.67	11.67
Pt8P2	-7.549281	41.174437	3.50	2.67	2.67	3.33	1.67	0.00	2.67	11.67
Pt8P3	-7.549146	41.174078	3.50	2.67	2.67	3.33	1.67	0.00	2.67	11.67
Pt9P1	-7.548728	41.174800	3.50	2.67	2.67	3.33	1.67	0.00	2.67	11.67
Pt9P2	-7.548934	41.174652	3.50	2.67	2.67	3.33	1.67	0.00	2.67	11.67
Pt9P3	-7.549129	41.174481	3.50	2.67	2.67	3.33	1.67	0.00	2.67	11.67

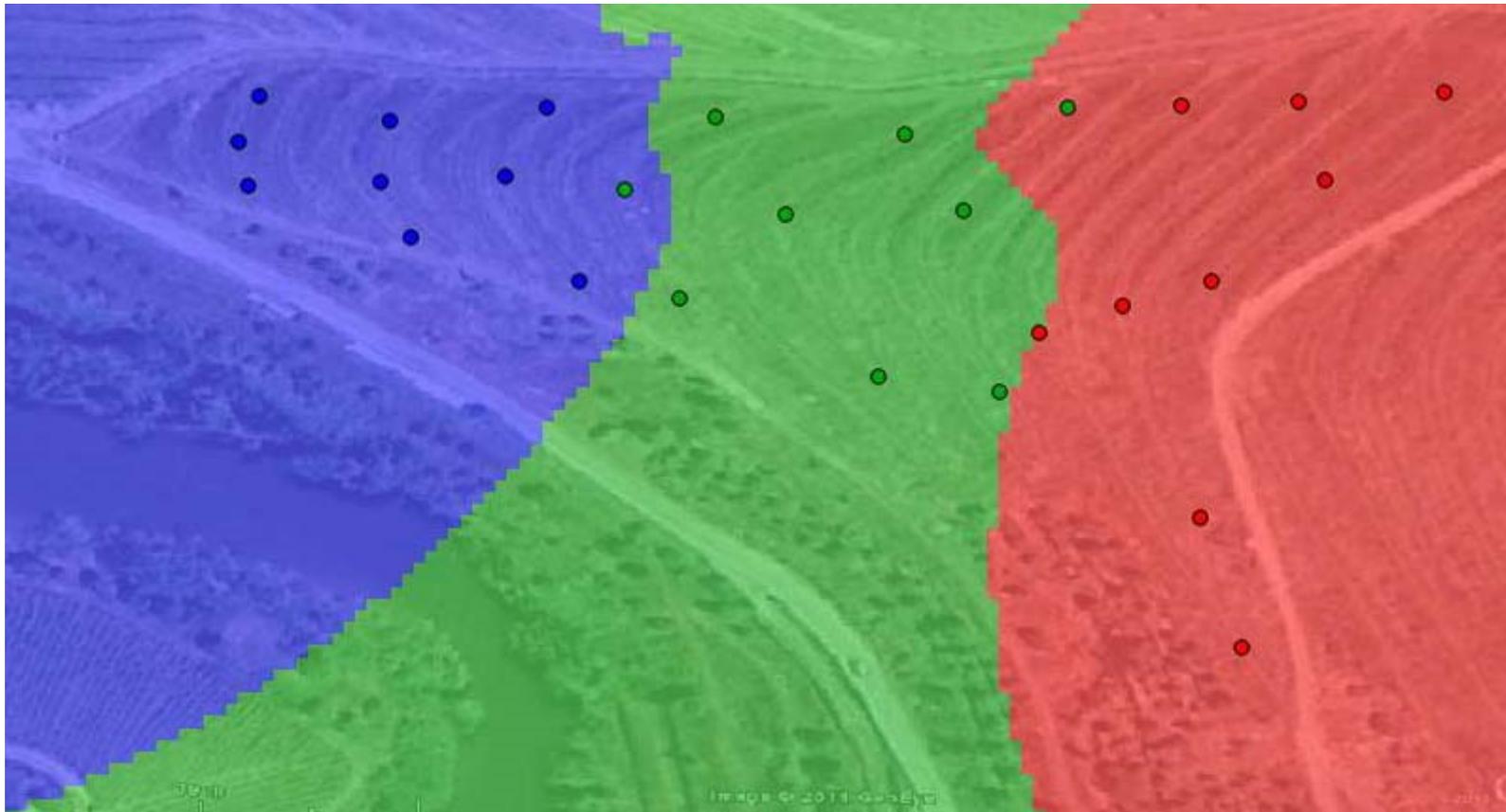
Interpretação qualitativa em função das notas atribuídas

Classificação	Medíocre	Regular -	Regular	Regular +	Bom	Muito bom
Notas	< 10	≥ 10 e < 11	≥ 11 e < 12	≥ 12 e < 13	≥ 13 e < 15	≥ 15
Índices	0	1	2	3	4	5

Interpretação qualitativa da análise sensorial atribuída pelo painel de provadores

BaG1	Boa intensidade de cor, qualidade de aroma fraca, medianamente encorpado, adstringência média, com nota final Regular+ (12.50)
BaG2	Boa intensidade de cor, qualidade de aroma fraca, pouco encorpado, pouca adstringência, com nota final Regular+ (12.17)
BaG3	Boa intensidade de cor, qualidade de aroma fraca, pouco encorpado, adstringência média, com nota final Regular (11.67)

Representação do mapa de variabilidade



Notas finais atribuídas aos vinhos em 2006 :
Vermelho < 11.67 ; Verde (11.67 - 12.17); Azul > 12.17

Departamento de Agronomia

Correlações entre as notas finais e as médias dos vários fatores

PrNFin06 Correlations

	CITp06	CIHm06	SITp06	PITp06	FIAr210606	FIPS210606	FIPA210606	SPAD210606	FIN210606	FIP210606	FIK210606	FCa210606	FMg210606	FB210606
Pearson														
Correl.	-0.730	0.488	-0.261	-0.788	-0.305	-0.349	-0.128	-0.125	-0.792	-0.377	-0.496	0.133	-0.573	-0.625
Sig. (2-tailed)	0.000	0.010	0.188	0.000	0.122	0.075	0.525	0.535	0.000	0.053	0.009	0.509	0.002	0.000
N	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27
FFe210606	FCu210606	FZn210606	FMn210606	FIAr240706	FIPS240706	FIPA240706	SPAD240706	FIN240706	FIP240706	FIK240706	FCa240706	FMg240706	FB240706	FFe240706
0.786	-0.381	0.658	-0.378	-0.294	-0.337	-0.100	-0.102	-0.551	-0.078	0.494	0.303	0.243	-0.251	0.563
0.000	0.050	0.000	0.052	0.137	0.085	0.621	0.614	0.003	0.699	0.009	0.124	0.221	0.206	0.002
27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27
FCu240706	FZn240706	FMn240706	R445	R531	R570	R680	R705	R750	R800	R900	R970	PRI24	NDVI024	WI24
0.552	-0.516	-0.349	0.011	0.067	-0.252	-0.065	-0.252	-0.252	-0.252	-0.252	0.038	0.102	0.057	-0.016
0.003	0.006	0.075	0.957	0.740	0.205	0.746	0.205	0.205	0.205	0.205	0.849	0.612	0.778	0.938
27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27
WINDVI0124	NDVI0224	WINDVI0224	SIPI24	ChINDI24	PIPd160107	DirNorte	ProPla06	MAP06	MpH06	MAT06	VAlcool06	VAcRe06	VExScT06	VpH06
-0.028	0.056	-0.019	-0.014	0.099	0.375	-0.372	-0.889	0.863	0.797	-0.386	0.991	-0.801	0.989	0.966
0.889	0.780	0.926	0.943	0.623	0.054	0.056	0.000	0.000	0.000	0.047	0.000	0.000	0.000	0.000
27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27
VAcVI06	VAcFx06	VAcTt06	VDO28006	VCor06	VTon06	VCinza06	VAlc06	VPO406	VAnt06	VSO2L06	VSO2T06	VAcTa06	PrInCor06	PrAroma06
-0.502	-0.960	-0.929	0.801	0.944	0.995	0.525	0.839	0.598	0.764	-0.436	0.966	-0.144	.(a)	0.919
0.008	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.000	0.001	0.000	0.023	0.000	0.474	.	0.000
27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27
PrCorpo06	PrAd0906	PrFrVer06	PrFlor06	PrAcid06	PrNFin06									
0.998	-0.584	0.972	0.117	.(a)	1.000									
0.000	0.001	0.000	0.560	.										
27	27	27	27	27	27									

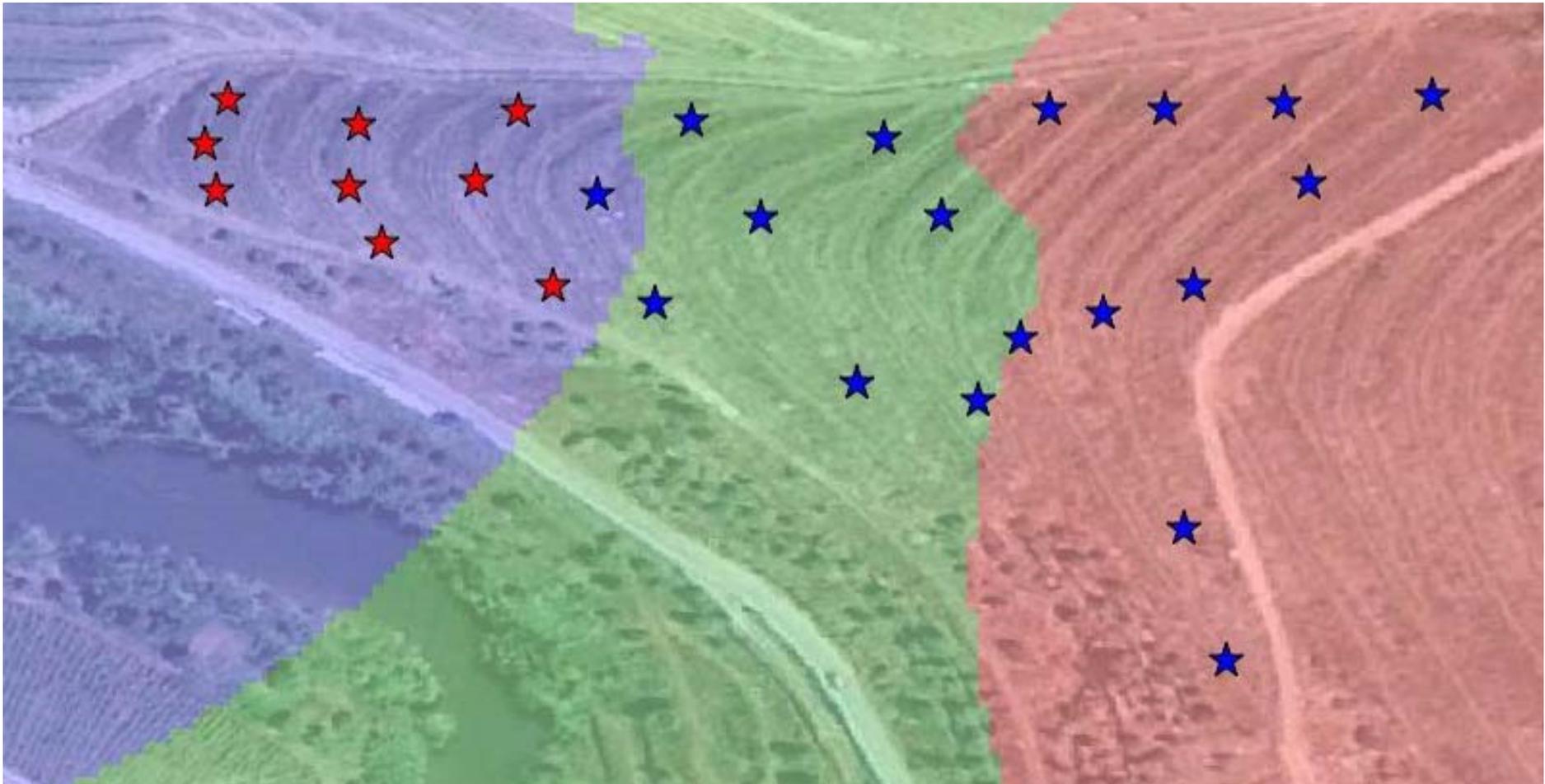
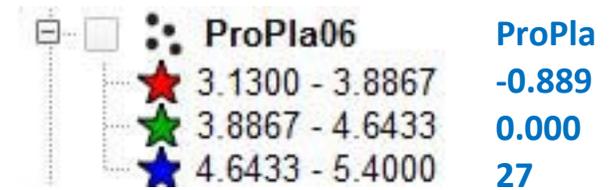
** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

a Cannot be computed because at least one of the variables is constant.

Resultados:

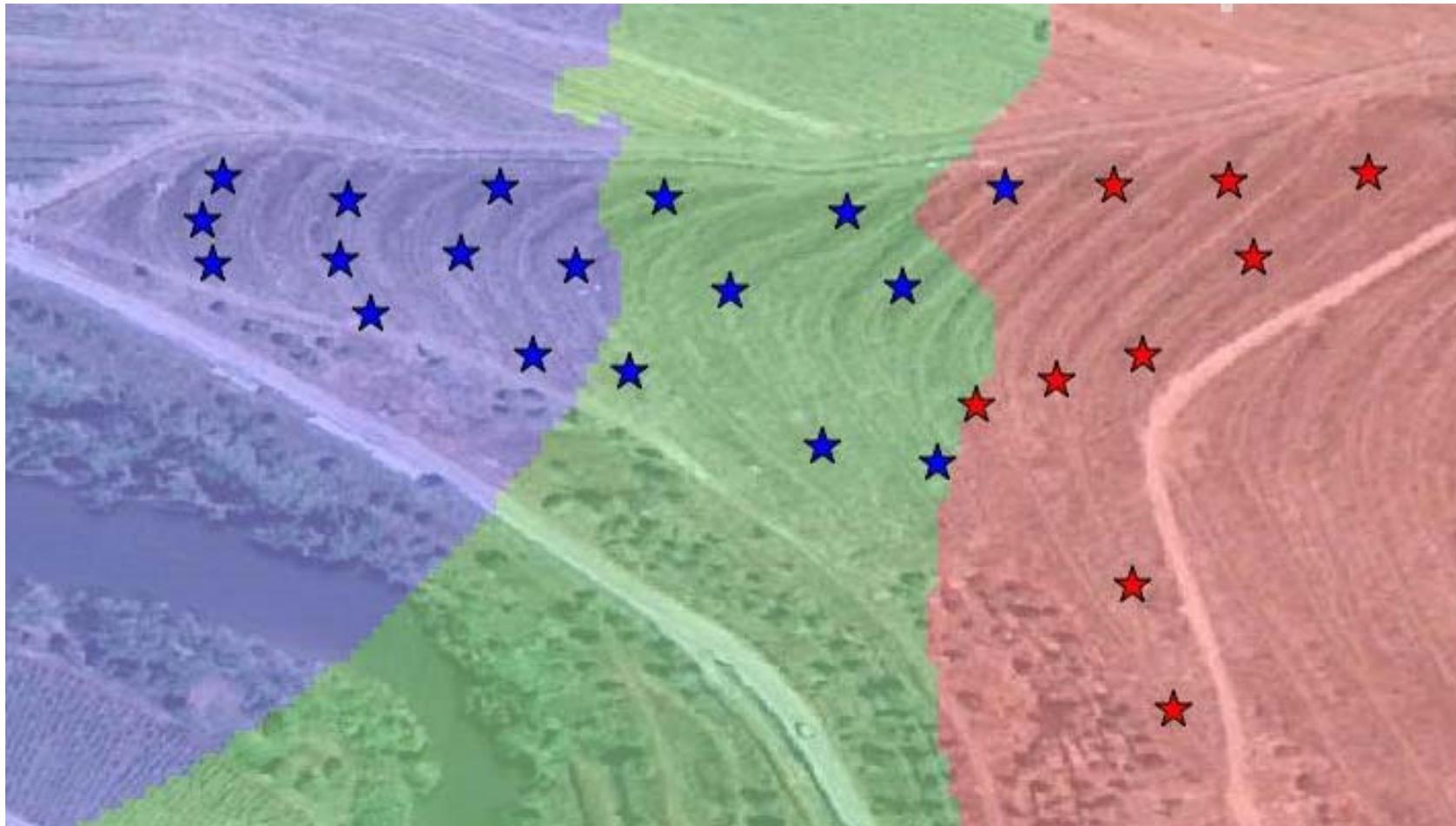
- PrFin vs ProPla (kg).



Resultados:

- PrFin06 vs VAlcool06

VAlcool06		VAlcool
★	13.1000 - 13.5167	0.9914231
★	13.5167 - 13.9333	1.283E-23
★	13.9333 - 14.3500	27



Conclusões:

É fundamental **identificar as características do meio e das técnicas de produção e vinificação que potenciam a diferenciação dos vinhos** para se proceder, caso seja necessário e/ou possível, às correções necessárias para melhorar a sua qualidade (*). **A vindima deverá ser diferenciada tendo em consideração a informação dos anos anteriores.**

A **criação de um “histórico”** relativo às condições que conduziram à diferenciação dos vinhos é determinante para alterar as situações em que o viticultor pode intervir (adubações do solo, carga das plantas, etc.), para se “aproximar” das condições de obtenção de “matéria prima” de maior qualidade que permita a vinificação de melhores vinhos.

O aperfeiçoamento das técnicas de vinificação, embora possam ultrapassar alguma falta de qualidade das uvas, é potenciado quando estas apresentam as características necessárias à obtenção de bons vinhos.

(*) A vinificação em separado de 2 - 3 lotes de uvas será, numa primeira fase, uma boa estratégia para obter vinhos diferenciados.

O B R I G A D O

Ficheiro disponível em:

<http://home.utad.pt/~fsantos/pub-fas/170407APG>