

(12) PEDIDO INTERNACIONAL PUBLICADO SOB O TRATADO DE COOPERAÇÃO EM MATÉRIA DE PATENTES (PCT)

(19) Organização Mundial da Propriedade
Intelectual
Secretaria Internacional



(43) Data de Publicação Internacional
18 de Novembro de 2010 (18.11.2010)

PCT

(10) Número de Publicação Internacional
WO 2010/131197 A2

- (51) Classificação Internacional de Patentes :
G01J 3/02 (2006.01)
- (21) Número do Pedido Internacional :
PCT/IB2010/052076
- (22) Data do Depósito Internacional :
11 de Maio de 2010 (11.05.2010)
- (25) Língua de Depósito Internacional :
Português
- (26) Língua de Publicação :
Português
- (30) Dados Relativos à Prioridade :
104566 12 de Maio de 2009 (12.05.2009) PT
- (71) Requerentes (para todos os Estados designados, exceto US) : UNIVERSIDADE CATÓLICA PORTUGUESA [PT/PT]; Escola Superior de Biotecnologia, Rua Dr. António Bernardino de Almeida, P-4200-072 Porto (PT). UNIVERSIDADE DO MINHO [PT/PT]; Largo do Paço Braga, P-4700-320 Braga (PT). LNEG, I.P. - LABORATÓRIO NACIONAL DE ENERGIA E GEOLOGIA, I.P. [PT/PT]; Rua da Amlrelra, Apartado 1089, P-4466-901 S. Mamede de Infesta - Matosinhos (PT).
- (72) Inventores; e
- (75) Inventores/Requerentes (para US unicamente) : CÉSAR SILVA FERREIRA, António [PT/PT]; Rua Barão de Joane, 736, P-4760-019 Vila Nova Famalicão (PT). VIEIRA LOPES, Victor [PT/PT]; Rua da Frágua, 30, P-2380-563 Moitas -Venda (PT). COSTA MARTINS, Rui [PT/PT]; Rua Rochedale, n.º 6, P-4470 Maia (PT).
- (74) Mandatários : VIEIRA PEREIRA FERREIRA, Maria Silvina et al.; CLARKE, MODET & Co. Co., Rua Castilho, 50 - 9º, P-1269-163 Lisboa (PT).
- (81) Estados Designados (sem indicação contrária, para todos os tipos de proteção nacional existentes) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) Estados Designados (sem indicação contrária, para todos os tipos de proteção regional existentes) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), Eurasiático (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), Europeu (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- Publicado:
— sem relatório de pesquisa internacional; será republicado após receção do mesmo (Regra 48.2(g))

(54) Title : METHOD AND DEVICE FOR MONITORING THE PRODUCTION OF GRAPES WITH UV-VIS-SWNIR SPECTROSCOPY

(54) Título : MÉTODO E DISPOSITIVO DE MONITORIZAÇÃO DA PRODUÇÃO DE UVA COM ESPECTROSCOPIA UV-VIS-SWNIR

(57) Abstract : Wine production is one of the most important agro-industrial activities. The quality of the grapes produced in a given vineyard depends on how the vine adapts and responds to the climate and soil type. The management of this quality is a fundamental aspect of wine production. This invention describes a method for monitoring the production of grapes based on UV-VIS-SWNIR spectroscopy (ultraviolet/visible/short-wave near infrared), and how to obtain and process information on the physicochemical characteristics of the grape from these data. Based on this invention, the production manager has information to: determine the uniformity of a given grape in the vineyard; divide the vineyard into lots on the basis of the characteristics of the grape; monitor the development and maturation of the grape, detect areas of the vineyard with specific or anomalous features; follow the development of existing metabolite profiles in the grape.

(57) Resumo : A produção vitícola é uma das actividades agro-industriais mais importantes. A qualidade das uvas produzidas numa vinha depende do modo como a videira se adapta e responde ao clima e ao tipo de solo. A gestão dessa qualidade é um aspecto fundamental para a produção de vinhos. Esta invenção descreve um método para a monitorização da produção de uvas com base na espectroscopia de UV-VIS-SWNIR (ultravioleta/ visível/ infravermelho próximo de onda curta), e como obter e processar a informação sobre as características físico-químicas da uva a partir destes dados. Com base nesta invenção, o gestor de produção tem informação para: determinar a uniformidade da uva numa dada vinha; estabelecer loteamentos na vinha com base nas características da uva; monitorizar o desenvolvimento e maturação da uva; detectar zonas da vinha com características específicas ou anómalas; acompanhar o desenvolvimento dos perfis de metabolitos existentes na uva.



WO 2010/131197 A2

D E S C R I Ç Ã O**"MÉTODO E DISPOSITIVO DE MONITORIZAÇÃO DA PRODUÇÃO DE UVA
COM ESPECTROSCOPIA UV-VIS-SWNIR"****Domínio técnico da invenção**

Este invento diz respeito à monitorização e diagnóstico do metabolismo da videira permitindo a gestão da qualidade da uva produzida com base na informação espectral recolhida na planta.

Sumário da invenção

Esta invenção descreve um método para a monitorização da produção de uvas com base na espectroscopia de UV-VIS-SWNIR (ultravioleta/ visível/ infravermelho próximo de onda curta), e como obter e processar a informação sobre as características físico-químicas da uva a partir destes dados.

A presente invenção descreve um método de monitorização da produção de uva caracterizado por compreender os seguintes passos:

- definir, numa malha geo-referenciada fornecida, um conjunto representativo de pontos de amostragem;

- adquirir espectro UV-VIS-SWNIR, ultravioleta/ visível/ infravermelho próximo de onda curta, 200 - 1200nm em bagos de uva ou folhas, ou ambas, nos pontos de amostragem definidos;
- efectuar cálculo multivariado de parâmetros de controlo ou da concentração dos metabolitos.

Uma realização preferencial da presente invenção tem a característica de compreender adicionalmente os seguintes passos:

- recolha de dados numa malha geo-referenciada, compreendendo os referidos pontos de amostragem;
- validar cada recolha de espectro, repetindo a recolha se necessário;
- corrigir a intensidade de sinal e variância do procedimento de amostragem.

Uma outra realização preferencial da presente invenção tem a característica de compreender adicionalmente os seguintes passos:

- detectar anomalias resultantes do pré-tratamento de dados;
- detectar anomalias com base nos modelos de cartas de controlo;
- detectar de anomalias nos modelos de calibração.

Uma ainda outra realização preferencial da presente invenção tem a característica de compreender adicionalmente os seguintes passos:

- recolher múltiplos espectros em cada ponto;
- efectuar uma análise de componentes principais com os múltiplos espectros corrigidos;
- determinar o número de variáveis latentes, relevantes no modelo de componentes principais utilizando técnica de aleatorização aplicada aos comprimentos de onda;
- verificar qual o número de amostras dentro do intervalo de confiança definido pela estatística de T quadrado de Hotelling e dentro do intervalo de validade do modelo de componentes principais;
- adicionar mais pontos de amostragem, se o número de amostras no ponto anterior não for suficiente;
- aplicar as cartas de controlo multivariado a dados espectrais e quantificações metabólicas dadas pelos modelos na uva e folhas.

Uma ainda outra realização igualmente preferencial da presente invenção tem a característica de compreender adicionalmente os seguintes passos:

- aplicação de um filtro a cada um dos espectros para remover ruído aleatório, em particular o filtro Savisky-Golay;
- remoção de artefactos de difracção aplicada a cada conjunto de dados de cada um dos pontos de amostragem,

em particular usando método de correcção por dispersão;

- cálculo da absorvância, a partir dos dados de reflectância.

Uma ainda outra realização preferencial da presente invenção tem a característica de calcular parâmetros de controlo multivariado compreendendo os seguintes passos:

- analisar projecções latentes através de um modelo de regressão parcial de quadrados mínimos;
- verificar se correspondem ao sinal característico de uma uva pelo método das variáveis latentes;
- calcular concentração dos diferentes metabolitos utilizando os modelos embebidos.

Uma outra realização preferencial da presente invenção tem a característica de os referidos metabolitos compreenderem: ácido málico; ácido tartárico; beta-caroteno; fructose; glucose; fracção glicosídica; luteína; feofitina a e b.

Uma ainda outra realização preferencial da presente invenção tem a característica de com base em imagens de variância, adquiridas de forma não evasiva e não destrutiva, projectando a diferentes gradientes de cor na malha georeferenciada o valor da correspondente à variável latente, compreender adicionalmente um ou mais dos seguintes passos:

- detectar quimicamente em modo não direccionado de anomalias metabólicas da videira, através da informação espectral da uva;
- registar histórico químico em modo não direccionado permitindo seguir em vivo a variância metabólica durante a maturação da uva, e consequentemente visualiza-la em 2D na malha georeferenciada;
- diagnosticar os pesos espectrais da coordenada da variável latente de cada ponto da malha georeferenciada;
- agrupar e classificar zonas da malha georeferenciada num determinado momento da maturação, ou ao longo deste processo, até à colheita;
- definir tempo optimo de colheita da malha, ou de parcelas nela incluída (Zonagem);
- visualizar a variância de duas ou mais malhas georeferenciadas com a mesma casta, e consequentemente agrupar e classificar diferentes parcelas num determinado momento da maturação;
- visualizar a variância de duas ou mais malhas georeferenciadas com a mesma casta, e consequentemente agrupar e classificar diferentes parcelas em diferentes momentos da maturação;
- visualizar a variância de duas ou mais malhas georeferenciadas com diferentes castas, e consequentemente agrupar e classificar diferentes parcelas num determinado momento da maturação;

- visualizar a variância de duas ou mais malhas georeferenciadas com diferentes castas, e consequentemente agrupar e classificar diferentes parcelas em diferentes momentos da maturação.

Uma ainda outra realização preferencial da presente invenção tem a característica de, com base em imagens de variância, adquiridas de forma não evasiva e não destrutiva, projectando a diferentes gradientes de cor na malha georeferenciada o valor da correspondente à variável latente, compreender adicionalmente um ou mais dos seguintes passos:

- detectar quimicamente em modo não direccionado de anomalias metabólicas da videira, através da informação espectral da folhagem;
- registar histórico químico em modo não direccionado permitindo seguir em vivo a variância metabólica da folhagem, e consequentemente visualizar em 2D a variância global na malha geo-referenciada;
- diagnosticar os pesos espectrais da coordenada da variável latente de cada ponto da malha georeferenciada em relação ao espectro da folhagem;
- agrupar e classificar zonas da malha georeferenciada num determinado momento da maturação, ou ao longo deste processo, até à colheita pelo espectro da folhagem;
- Apoio ao diagnóstico do estado fisiológico da planta na malha geo-referenciada, ou de parcelas nela incluída ;

- visualizar a variância de duas ou mais malhas georeferenciadas com a mesma casta, e conseqüentemente agrupar e classificar diferentes parcelas num determinado momento da maturação pela informação espectral da folhagem;
- visualizar a variância de duas ou mais malhas georeferenciadas com a mesma casta, e conseqüentemente agrupar e classificar diferentes parcelas em diferentes momentos da maturação pela informação espectral da folhagem;
- visualizar a variância de duas ou mais malhas georeferenciadas com diferentes castas, e conseqüentemente agrupar e classificar diferentes parcelas num determinado momento da maturação pela informação espectral da folhagem;
- visualizar a variância de duas ou mais malhas georeferenciadas com diferentes castas, e conseqüentemente agrupar e classificar diferentes parcelas em diferentes momentos da maturação pela informação espectral da folhagem.

Uma ainda outra realização preferencial da presente invenção tem a característica de, com base em imagens de variância, adquiridas de forma não evasiva e não destrutiva, projectando a diferentes gradientes de cor na malha georeferenciada o valor da correspondente à variável latente, compreender adicionalmente um ou mais dos seguintes passos:

- detectar quimicamente em modo direccionado de anomalias metabólicas da videira, através da informação espectral da uva na malha geo-referenciada;
- registar histórico químico em modo "direccionado" permitindo seguir em vivo a concentração do metabolito durante a maturação da uva, e consequentemente visualizar em 2D a variância global na malha geo-referenciada;
- agrupar e classificar zonas da malha georeferenciada num determinado momento da maturação, ou ao longo deste processo, até à colheita pelo espectro da uva, baseado na concentração do metabolito;
- definir tempo optimo de colheita da malha, ou de parcelas nela incluída (Zonagem) baseada em metabolitos;
- visualizar a variância de duas ou mais malhas geo-referenciadas com a mesma casta, e consequentemente agrupar e classificar diferentes parcelas num determinado momento da maturação baseada na concentração do(s) metabolito(s);
- visualizar a variância de duas ou mais malhas geo-referenciadas com a mesma casta, e consequentemente agrupar e classificar diferentes parcelas em diferentes momentos da maturação baseada na concentração do(s) metabolito(s);
- visualizar a variância de duas ou mais malhas geo-referenciadas com diferentes castas, e consequentemente agrupar e classificar diferentes

- parcelas num determinado momento da maturação baseada na concentração do(s) metabolito(s);
- visualizar a variância de duas ou mais malhas geo-referenciadas com diferentes castas, e conseqüentemente agrupar e classificar diferentes parcelas em diferentes momentos da maturação baseada na concentração do(s) metabolito(s);
 - seleccionar diferentes zonas da malha geo-referenciada com diferentes atributos quimicos ligados à qualidade sensorial da uva;
 - seleccionar castas em função da produção de metabolitos/precusores "chave" na qualidade do vinho :os aromas varietais.

A presente invenção descreve ainda um dispositivo de monitorização da produção de uva caracterizado por compreender:

- espectrofotómetro UV-VIS-SWNIR, ultravioleta/ visível/ infravermelho próximo de onda curta, em particular de 200 a 1200nm;
- processador de dados com meios para efectuar cálculo multivariado de parâmetros de controlo ou da concentração de metabolitos.

Uma realização preferencial da presente invenção tem a característica de compreender adicionalmente:

- fonte de luz, em particular fonte de halogéneo;
- fonte de energia;

sonda de fibra óptica para a medição reflectância difusiva adaptada às medições na uva e folhas.

Antecedentes da Invenção

Descreve-se de seguida, técnica e cientificamente, os antecedentes e respectivo enquadramento da invenção:

i) enquadramento da invenção na óptica do apoio à produção de uva;

ii) enquadramento científico da invenção: onde se apresenta os principais fundamentos físico-químicos da invenção, metabolismo da uva/videira, princípios da espectroscopia e os métodos matemáticos multivariados para o processamento dos espectros;

1. Enquadramento da invenção para a produção de uva

A qualidade final do vinho produzido resulta, de entre outros factores, das características do solo, do clima e das propriedades genéticas das castas seleccionadas para a produção dos diferentes tipos de vinho.

Todas as espécies de videira respondem ao seu meio ambiente, adaptando-se às diferentes características do solo e do clima, alterando o seu metabolismo. A elevada complexidade destes mecanismos biológicos aliada à limitada informação (extremamente onerosa quer do ponto de vista temporal quer do monetário) recolhida directamente a partir da videira ou da uva constitui um forte impedimento ao desenvolvimento de estratégias de gestão para a optimização da qualidade da uva.

Por forma a homogeneizar a qualidade da uva nos vários lotes é crítico possuir um processo capaz de monitorizar de uma forma global (ao nível da vinha) as alterações metabólicas da uva e/ou modificações na videira. Na ausência desta informação é difícil compreender as alterações e adaptações da vinha às variáveis ambientais e, conseqüentemente, determinar a magnitude do impacto de acções correctivas (como por exemplo: a rega, a monda ou a poda) na qualidade e produção final da uva.

2. Enquadramento científico da invenção

Para a gestão racional da produção de uva é necessário obter informação sobre o seu estado metabólico ao longo do tempo e da extensão da vinha. Com base nesta informação é possível:

-diminuir a heterogeneidade num dado lote de uvas, contribuindo para a maior uniformização da qualidade do vinho produzido e, conseqüentemente, a sua maior valorização comercial.

-determinar quais as "zonas" da vinha com maior potencial económico, isto é, determinar precocemente quais zonas da vinha em que as uvas apresentam perfis metabólicos com um elevado potencial para desenvolver vinhos de elevada qualidade.

2.1 Metabolitos e o desenvolvimento da uva

A uva é constituída por película, polpa e grainhas em proporções mássicas aproximadas de 15%, 85% e 5%, respectivamente. As uvas possuem vários tipos de compostos que evoluem ou degradam ao longo do seu desenvolvimento sendo, alguns deles, particularmente importantes no processo de vinificação. Especificamente, durante a maturação da uva, alguns compostos mais importantes presentes na uva são: ácidos carboxílicos (ex. ácido tartárico, málico, cítrico); antocianinas; flavonóis; compostos azotados (ex. aminoácidos); taninos; procianidinas; xantofilas (ex. luteína); carotenóides (ex. β -caroteno). Além destes compostos, também estão presentes na uva compostos voláteis de elevado impacto aromático, nomeadamente: terpenos, norisoprenóides, lactonas e ésteres etílicos.

Carotenóides

Os carotenóides estão distribuídos amplamente na natureza, sendo a sua biossíntese observada em vegetais, frutos, flores, microalgas e outros microorganismos, como as bactérias fototróficas e as leveduras. Existem cerca de 600 a 700 compostos de natureza carotenóide responsáveis pela cor em animais e plantas e agrupam-se em duas classes de compostos: carotenos (sem grupo hidroxilo na cadeia) e xantofilas (com um ou mais grupos hidroxilo).

Os carotenos e as xantofilas são compostos instáveis degradando-se facilmente, quer por acção de enzimas ou de agentes oxidantes, quer pela alteração abrupta de temperaturas. As concentrações destes compostos na uva dependem: de factores climáticos, de práticas agrícolas e da variedade da uva. Alguns carotenóides presentes nas uvas são: neoxantina, violaxantina, flavoxantina, luteína, zeaxantina e β -caroteno. Os carotenóides, devido à sua estrutura química e instabilidade, podem originar compostos a partir:

-da cadeia central, denominados de compostos apocarotenais, como é o caso da crocetina (corante de alto valor comercial)

-dos extremos da cadeia, denominados norisoprenóides, comuns nas plantas e de elevado impacto aromático.

Norisoprenóides

Os norisoprenóides podem ser constituídos por cadeias carbonadas de 9, 10, 11 ou 13 carbonos (C13), sendo os compostos de cadeia C13 os mais abundantes na natureza. Num estudo, recentemente publicado, sobre os principais compostos aromáticos presentes em vinhos do Porto provenientes da degradação térmica de carotenóides ["Study of major aromatic compounds in port wines from carotenoid degradation", A. C. Silva-Ferreira, J. Monteiro, C. Oliveira, P. G. de Pinho, Food Chemistry, 110 (1), 2008] foi demonstrado que a percentagem de decréscimo da luteína e do β -caroteno foi de 95% e 10%, respectivamente, indicando que a luteína é mais sensível à degradação térmica do que o β -caroteno. Os principais compostos aromáticos (moléculas C-13, norisoprenóides) presentes em vinhos do Porto, provenientes da degradação térmica de carotenóides (luteína e β -caroteno), são a β -ionona, o β -ciclocitral e a β -damascenona. No entanto, estes compostos também poderão surgir da hidrólise de moléculas de açúcar combinadas com estas moléculas.

Fracção glucosídica de terpenóis e norisoprenóides

A avaliação do potencial em aromas primários ou "varietais" de várias castas portuguesas na região do Douro, obtida por hidrólise enzimática de glucosídeos revela que a Touriga Nacional foi a casta com maiores teores observados de terpenóis e de β -ionona, o que reflecte e poderá explicar o aroma floral e de "violeta" característico desta casta ["Carotenoid Profile in Grapes Related to Aromatic Compounds in Wines from Douro Region", C.Oliveira, A. Barbosa, A. C. Silva-Ferreira, J. Guerra, and P. G. de Pinho, Journal of Food Science, 71 (1), 2006]. Utilizando a mesma técnica nos vinhos do Porto, estudos científicos demonstram o potencial em aromas ligados a açúcares após hidrólise química com pH igual a três. Estes resultados evidenciam o potencial aromático em:

-terpenóis, mais concretamente, na libertação de linalol e de terpeniol após a hidrólise;

-norisoprenóides, no qual a molécula que mais se destaca é a β -damascenona.

2.2 Espectroscopia como uma fonte de informação físico-química

Espectroscopia é uma técnica utilizada em química analítica para a identificação e quantificação de compostos químicos baseada no princípio de que a cada tipo de molécula está

associado uma resposta em frequência específica (espectro) quando iluminada com uma fonte de luz controlada.

Especificamente, a espectroscopia UV-VIS-SWNIR (ultravioleta/visível/infravermelho próximo de onda curta) regista o espectro da amostra na gama de comprimentos de onda de 200 a 1200nm. Esta gama corresponde às transições electrónicas entre níveis de energia das orbitais moleculares e às transições associadas à vibração molecular. Muitas moléculas orgânicas, que compõem o metabolismo da uva, apresentam grupos de cromatóforos (cor) e de fluorescência que potenciam a aplicação desta tecnologia para identificação e quantificação destes compostos. Por exemplo, moléculas indicativas do estado de maturação da uva, como o β -caroteno ou os fosfo-lípidos, possuem grupos funcionais como o nitro, nitroso, azo, azo-nitroso, azoxy, carbonil e tio-carbonil que podem ser registados pela espectroscopia UV-VIS-SWNIR. As gamas de comprimento de onda entre 700nm e 1200nm apresentam informação sobre os sobre-tonos (harmónicos) associados às frequências de vibração molecular de metabolitos como a água, as proteínas, os lípidos ou os carbo-hidratos.

Recentes desenvolvimentos tecnológicos na espectroscopia UV-VIS-SWNIR levaram ao aparecimento de aparelhos miniaturizados, com elevada portabilidade e de elevada resolução espectral. Estes novos aparelhos permitiram o desenvolvimento de novas técnicas de medição que podem ser

aplicadas directamente sob a amostra "in-vivo". O desenvolvimento conjunto de novas técnicas matemáticas para análise de sinais em frequência permite a utilização da espectroscopia para a monitorização simultânea de uma elevada gama de metabolitos a partir de um único espectro.

2.3 Métodos matemáticos multivariados para processamento dos espectros

Genericamente, os métodos matemáticos existentes para o processamento dos espectros baseiam-se na factorização dos espectros num novo sistema de bases (geralmente um sub-espaço) por forma a obter uma representação com maior interpretabilidade e extrair as partes do espectro com informação sistémica mais relevante. Os métodos utilizados agrupam-se em duas classes:

a) métodos de variáveis latentes para sistematização da informação recolhida pelos espectros. Esta classe é composta por técnicas de decomposição mono-bloco como por exemplo a análise de componentes principais (PCA) ou a factorização matricial não-negativa (NMF).

b) métodos de variáveis latentes para a regressão multivariado. Nesta classe encontram-se técnicas de decomposição multi-bloco como por exemplo a regressão parcial de quadrados mínimos (PLS), o 'truncated total least squares', a regressão com componentes principais

(PCR) ou máquinas de suporte vectorial ('supported vector machines').

Esta classe de métodos matemáticos encontra-se descrita em grande detalhe na literatura científica da especialidade sob o tópico da quimiometria ('chemometrics'). As aplicações destes métodos para a análise da informação química e para a obtenção de modelos quantitativos para a calibração de metabolitos, com base na espectroscopia, encontram-se bem suportada cientificamente.

Estas técnicas permitem a robustificação do processo de aquisição de dados a variações não controladas do próprio ambiente, clima e da planta possibilitando a recolha de medições directamente do campo e 'in-vivo'. Um modelo de variáveis latentes satisfatório será o que permite eliminar efeitos não desejados, devido a variações não controladas, nos dados e capturar os efeitos de variação sistemática relacionada com o objectivo pretendido para o modelo. Por exemplo, um modelo para o cálculo das cartas de controlo com base nos espectros das uvas deverá possibilitar a detecção de amostras/zonas anómalas independentemente de factores que condicionem a aquisição de dados, como por exemplo: condições de baixa ou elevada humidade ou condições de baixa ou elevada luminosidade.

Descrição geral da invenção

São apresentados de seguida as diferentes partes que compõem a invenção:

i) apresentação dos módulos de entrada (malha georeferenciada, equipamento de espectroscopia e modelos matemáticos),

ii) descrição dos métodos de recolha e validação de espectros na uva e folha, por forma a obter um método robusto de obtenção do espectro da uva e folha;

iii) forma de cálculo para os parâmetros de controlo multivariado e dos modelos de determinação de metabolitos, onde são apresentados os métodos para a obtenção das estimativas para a concentração de metabolitos a partir dos espectros recolhidos;

vi) detecção de anomalias durante o pré-tratamento dos espectros, nos modelos de cartas de controlo e nos modelos de calibração;

vii) apresentação de resultados em termos de imagens de variabilidade, imagens da distribuição espacial da concentração de metabolitos e cartas de controlo por forma a permitir um apoio à produção de uva, mediante a informação recolhida.

Nesta secção encontram-se definidas todas as componentes que constituem esta invenção e especificados todos os módulos de entrada necessários para a implementação do sistema.

1 Especificação dos módulos de entrada

A implementação desta invenção para a monitorização e apoio à gestão de produção de uvas numa vinha necessita de quatro componentes exteriores (módulos de entrada) com as características/comportamentos especificados nesta patente e denominados por:

- i) malha geo-referenciada;
- ii) equipamento de espectroscopia UV-VIS-SWNIR para a aquisição de dados na vinha;
- iii) modelos matemáticos das cartas de controlo;
- iv) modelos matemáticos das calibrações;

1.1 Malha geo-referenciada

Este componente fornece informação sobre o número de pontos de amostragem na vinha e a sua localização num referencial geo-coordenado. Esta informação deverá ser fornecida em

dois ficheiros de texto em suporte digital. Um ficheiro deve conter uma lista dos pontos de amostragem e respectiva coordenada geo-referenciada; um ponto de amostragem onde deverá ser constar a seguinte informação a) número do ponto de amostragem; b) coordenada latitude; c) coordenada longitude e d) coordenada altitude. O outro ficheiro deve conter informação sobre a triangulação definida entre os pontos de amostragem no seguinte formato: cada linha deve conter um conjunto de três valores indicando os números correspondentes aos pontos de amostragem que definem cada triângulo.

1.2 Equipamento de espectroscopia UV-VIS-SWNIR para a aquisição de dados na vinha

O equipamento de espectroscopia deverá possuir as seguintes características: a) ser portátil; b) possuir um modo para permitir a aquisição e a gravação em formato digital da resposta em frequência (espectro) da reflectância da amostra, na gama de comprimentos de onda de 200 a 1200 nm, utilizando uma fonte de luz adequada e calibrada; c) um dispositivo para avisar o operador de que já possui os dados necessários num dado ponto de amostragem; e d) possuir uma interface de comunicação que permita ordenar o equipamento a adquirir um espectro num dado instante e a guardar essa informação num ficheiro de texto em formato digital com a seguinte informação: i) os parâmetros do aparelho relevante para definir as condições de aquisição

do espectro; e ii) uma tabela o valor numérico do comprimento de onda e o valor da intensidade da radiação detectada nesse comprimento de onda.

1.3 Modelos matemáticos das Cartas de Controlo

Para esta invenção deverão ser fornecidos os modelos matemáticos para as cartas de controlo. Os modelos deverão ter as características descritas na secção anterior e deverão estar implementados de modo a fornecer cinco funcionalidades operativas: a) obtenção das variáveis latentes a partir de um vector contendo um espectro; b) obtenção de uma estimativa para o espectro dado um vector contendo as variáveis latentes; c) obtenção da matriz de variância-covariância das variáveis latentes; d) obtenção do percentil correspondente a um dado nível de significância e referente à variável estatística definida pelo erro quadrático de reconstrução (soma dos quadrados das diferenças entre o espectro e o espectro estimado a partir das variáveis latentes do espectro); e, e) obtenção do percentil correspondente a um dado nível de significância e referente à estatística T quadrado de Hotelling para as variáveis latentes seleccionadas.

Para cada objectivo de controlo deverá ser fornecido um modelo matemático que reflecte a carta de controlo correspondente. Na ausência desta informação, o sistema proposto utilizará um modelo matemático obtido com base na

análise de componentes principais com as duas variáveis latentes de maior variância e aplicado aos espectros centrados na média.

1.4 Modelos matemáticos das Calibrações

Os modelos matemáticos das calibrações são imprescindíveis para obter a estimativa para a concentração de um dado metabolito sendo necessário fornecer um modelo matemático para cada um dos metabolito que se deseje monitorizar.

Cada modelo matemático da calibração deverá ter as características descritas na secção anterior e estar implementado de modo a fornecer cinco funcionalidades operativas: a) obtenção da estimativa para a concentração do metabolito dado um vector com um espectro; b) obtenção do limite superior e inferior para o intervalo de confiança dado um vector com um espectro e um dado nível de confiança; c) obtenção das variáveis latentes dado um vector com um espectro; d) obtenção de uma estimativa para o espectro dado um vector contendo as variáveis latentes; e, e) obtenção do percentil correspondente a um dado nível de significância e referente à variável estatística definida pelo erro quadrático de reconstrução (soma dos quadrados das diferenças entre o espectro e o espectro estimado a partir das variáveis latentes do espectro);

2. Descrição da metodologia

Esta invenção apresenta um método para a monitorização e apoio à produção de uvas baseada na espectroscopia UV-VIS-SWNIR. O método está estruturado em três partes:

- i) recolha e validação de dados da vinha;
- ii) tratamento matemático dos dados recolhidos;
- iii) apresentação da informação para a monitorização e apoio à produção;

O método desta patente pode ser representado no fluxograma apresentado na figura 1.

2.1 Recolha e validação de dados da vinha

O procedimento para a recolha e validação de dados da vinha pode ser realizado quer nos bagos de uva e/ou nas folhas da videira. As condições e os parâmetros necessários para o funcionamento do equipamento para a recolha de dados de espectroscopia deverão ser otimizados antes do procedimento de recolha de dados e mantidos inalterados durante todo o procedimento. Estas condições e parâmetros deverão ser otimizados quer para os bagos de uva quer para

as folhas da videira, obtendo-se, deste modo, dois conjuntos de condições e parâmetros independentes.

A definição dos pontos de amostragem é da responsabilidade do operador/gestor do sistema. Estes deverão ser seleccionados do conjuntos de pontos nodais definidos na malha geo-referenciada e deverão definir uma amostragem representativa da vinha que se pretende monitorizar.

2.1.2 Recolha dos espectros nos bagos de uva

O operador recolhe os espectros em cada ponto de amostragem previamente definido na malha geo-referenciada.

Em cada ponto de amostragem, o operador deverá:

- recolher os espectros directamente nos bagos de uva correspondentes a uma única videira;
- limpar previamente a superfície do bago com um pincel macio e retirar o espectro de modo a não danificar o bago;
- escolher os bagos de vários cachos diferentes dentro de uma zona centrada no ponto de amostragem e com um raio inferior a 2m (zona de amostragem).

O operador apenas deverá deslocar-se até ao próximo ponto de amostragem quando obtiver um número suficiente de espectros validados (descrito no ponto 2.1.3 desta secção).

2.1.3 Recolha dos espectros das folhas da videira

O operador, em cada ponto de amostragem previamente definido na malha geo-referenciada, deverá:

- escolher várias folhas diferentes na mesma videira;
- limpar cada uma das folhas com um pincel macio e retirar o espectro de modo a não danificar a folha;
- escolher folhas de vários ramos diferentes da mesma videira, e dentro de uma zona centrada no ponto de amostragem e com um raio inferior a 2m (zona de amostragem).

O operador apenas deverá deslocar-se até ao próximo ponto de amostragem quando obtiver um número suficiente de espectros validados (descrito no ponto 2.1.3 desta secção).

2.1.4 Procedimento para validação dos espectros recolhidos

O número de espectros necessários efectuar, em cada ponto de amostragem, é definido automaticamente, seguindo o procedimento:

i) recolha de 20 espectros de reflectância na zona do ponto de amostragem;

ii) efectuar uma correcção aos espectros obtidos para corrigir a intensidade de sinal e a variância no procedimento de amostragem;

iii) efectuar uma análise de componentes principais com todos os espectros corrigidos e centrados na média;

iv) verificar qual o número de amostras dentro dos percentis 95 da estatística do: T quadrado de Hotelling e erro quadrático de reconstrução, para o modelo de componentes principais com as duas variáveis latentes de maior variância obtido no ponto iii);

v) se o número de espectros no ponto anterior for não superior a 17, recolher mais 10 espectros e voltar ao ponto ii). Se o número total de espectros recolhidos é superior a 100, o equipamento de aquisição de espectros deverá ser verificado pois poderá haver uma anomalia de funcionamento.

2.2 Tratamento matemático dos dados recolhidos

Nesta secção descreve-se todos os procedimentos que envolvem o tratamento matemático efectuado nos espectros recolhidos, abordando: i) o pré-processamento dos espectros (bloco p.3); ii) o cálculo dos parâmetros de controlo multivariado, com base no(s) modelo(s) fornecido(s) (bloco p.4); e iii) o cálculo das estimativas para a concentração dos metabolitos, da validade e erro de previsão, com base no(s) modelo(s) de calibração fornecido(s) (bloco p.5).

2.2.1 Pré-processamento dos espectros recolhidos nos pontos nodais da malha geo-referenciada

Os espectros recolhidos na malha são pré-processados (bloco p.3) por forma a minorar a variabilidade de efeitos não controlados, como por exemplo: as condições climatéricas, os efeitos de químicos fito-sanitários ou as poeiras e contaminações no bago da uva ou existentes na folha da videira.

Este pré-processamento permite identificar quais os pontos de amostragem que apresentam situações anómalas e, deste modo, efectuar um controlo de qualidade aos dados recolhidos no campo.

Este pré-processamento é efectuado através do seguinte procedimento:

i) aplicação de um filtro Savitsky-Golay em cada espectro;

ii) remoção de artefactos de difracção e de reflexão usando a técnica de correcção robusta da difracção média ('robust mean scattering correction'), aplicada em cada conjunto de espectros de cada ponto de amostragem definido na malha geo-referenciada;

iii) cálculo da absorvância, a partir dos dados de reflectância.

iv) construção de um modelo de componentes principais utilizando todos os espectros recolhidos e escolhendo as duas variáveis latentes com maior variância. Como base neste modelo, calcular os percentis 95 da estatística do T quadrado de Hotelling e da estatística do erro quadrático. Este modelo será denominado 'modelo de PCA predefinido' e deverá ser implementado no sistema de modo a satisfazer os pressupostos e funcionalidades descritos na sub-secção 1.3.

Com base no modelo de PCA predefinido é possível identificar quais os pontos de amostragem com características anómalas (bloco 0.2 na figura 1).

Após as operações de pré-processamento (bloco p.3), os dados seguem duas vias de tratamento matemático paralelas e independentes: a) o cálculo dos parâmetros de controlo

multivariado (bloco p.4); e b) cálculo da concentração de metabolitos (bloco p.5).

2.2.2 Cálculo dos parâmetros de controlo multivariado

Este bloco de cálculo faz uso do ou dos modelos de cartas de controlo fornecidos ao sistema e implementados de acordo com as especificações definidas na sub-secção 1.3. Na ausência de modelo, o sistema utilizará o modelo de PCA predefinido descrito na sub-secção 2.2.1.

Para cada modelo especificado, o cálculo dos parâmetros necessários para o controlo multivariado é implementado com o seguinte procedimento:

i) obter a matrix de variância-covariância das variáveis latentes. Esta matrix é denominada C_{lv} ;

ii) obter as variáveis latentes correspondentes a cada espectro. O vector coluna com as variáveis latentes correspondentes ao espectro j é denominado s_j . O vector coluna correspondente ao espectro j é denominado x_j .

iii) obter as estimativas para os espectros correspondentes para cada vector coluna de variáveis latentes. O vector coluna com estas estimativas é denominado \hat{x}_j .

iv) calcular o valor da estatística T quadrado de Hotelling com base nas variáveis latentes, para cada espectro j ,

utilizando a matrix C_{lv} e os vectores s_j . Este valor é denominado $T2_j$.

v) calcular o quadrado do erro de reconstrução do modelo da carta de controlo para cada espectro j e com base nos valores de x_j e \hat{x}_j . Este valor é denominado Q_j .

vi) obter o percentil 95 da variável estatística T quadrado de Hotelling para as variáveis latentes. Este valor limite é denominado $T2_{lim}$.

vii) obter o percentil 95 da variável estatística do erro quadrático de reconstrução. Este valor limite é denominado Q_{lim} .

Como resultado deste procedimento, cada modelo de carta de controlo possuirá todos os parâmetros necessários para permitir a visualização da respectiva carta e a identificação dos pontos de amostragem com características anómalas (fora do normal).

2.2.3 Cálculo da concentração de metabolitos

Este bloco de cálculo faz uso do ou dos modelos de calibração fornecidos ao sistema e implementados de acordo com as especificações definidas na sub-secção 1.4. Na ausência de modelo, a sistema não poderá efectuar esta

estimativa e, conseqüentemente, as operações e/ou passos dependentes desta informação não estarão disponíveis.

Para cada modelo especificado, o cálculo da estimativa para a concentração do metabolito e dos respectivos parâmetros de controlo da qualidade dessa estimativa são implementados com o seguinte procedimento:

i) para cada espectro x_j , obter a estimativa para a concentração do metabolito. Este valor é denominado \hat{y}_j .

ii) obter as variáveis latentes para cada espectro x_j . Este vector coluna é denominado t_j .

iii) para cada espectro x_j , obter a estimativa para o intervalo de confiança para o valor de \hat{y}_j e para um nível de significância de 95%. O valor inferior do intervalo de confiança é denominado y_{l_j} e o valor superior y_{h_j} .

iv) obter as estimativas para os espectros correspondentes para cada vector coluna de variáveis latentes t_j . O vector coluna com estas estimativas é denominado \hat{x}_j .

v) calcular o valor dos erros quadráticos de reconstrução, para cada espectro j , com base nos valores de x_j e \hat{x}_j . Este valor é denominado Q_j .

vi) obter o percentil 95 da variável estatística do erro quadrático de reconstrução. Este valor limite é denominado Q_{lim} .

2.3 Apresentação da informação para a monitorização e apoio à produção

Nesta secção descreve-se todos os procedimentos que envolvem interacção com o operador ou gestor do sistema, abordando: i) detecção de anomalias (bloco o.2); ii) apresentação da informação relativa às cartas de controlo multivariado (bloco o.1); e iii) apresentação da informação relativa aos modelos de calibração (bloco o.3).

2.3.1 Detecção de anomalias

A detecção de anomalias depende dos resultados obtidos nos módulos de tratamento matemático (bloco p.3, p.4, p.5 na figura 1). Este módulo implementa vários testes para detecção de comportamentos anómalos como forma de: i) validar todo o conjunto de dados recolhidos e detectar quais os pontos de amostragem com características díspares; ii) detectar os pontos de amostragem que apresentem características diferentes das características nominais descritas pelos modelos das cartas de controlo; iii) recomendar a recalibração de um dado modelo de cartas de

controlo; iv) detectar quais os pontos de amostragem com características diferentes das características nominais descritas pelos modelos de calibração; v) detectar quais os pontos de amostragem em que um dado modelo de calibração não deve ser aplicado; e, vi) recomendar a recalibração de um dado modelo de calibração.

Detecção de anomalias resultantes do pré-tratamento de dados

O pré-tratamento dos dados permite detectar os pontos de amostragem que apresentem características marcadamente distintas dos restantes. O procedimento para determinar se um dado ponto de amostragem possui características anómalas é implementado do seguinte modo:

i) obter os valores Q_j para todos os espectros retirados nessa zona de amostragem (calculado no bloco p.3)

ii) se os valores Q_j correspondentes a este conjunto de espectros são estatisticamente superiores ao valor Q_{lim} (do modelo de PCA predefinido construído no bloco p.3), para um nível de significância de 95%, o ponto de amostragem respectivo é marcado como anómalo.

Este procedimento de detecção não consegue identificar a natureza da(s) causa(s) para as características anómalas observadas. Estas podem ser devido a causas tais como a

mudança súbita do funcionamento do equipamento de aquisição (por exemplo quebra da fibra óptica do equipamento ou oclusão do sensor de espectroscopia) ou a mudanças súbitas no bago da uva e/ou folha da videira (por exemplo pontos de amostragem retirados de zonas com videiras com falta de água ou em processo de maturação mais avançado). Deste modo, todos os pontos de amostragem detectados como anómalos deverão ser investigados pelo operador/gestor do sistema por forma a identificar a(s) causa(s).

Detecção de anomalias com base nos modelos de cartas de controlo

Existem quatro testes para a detecção de anomalias com base nos modelos das cartas de controlo: i) teste de aplicabilidade dos modelos de cartas de controlo; ii) teste da necessidade de recalibração dos modelos de cartas de controlo que deverá ser aplicado a cada uma das cartas de controlo fornecidas ao sistema e sempre que é processado um novo conjunto de pontos de amostragem; iii) teste para a determinação de pontos de amostragem anómalos; e, iv) teste para a determinação dos pontos de amostragem que estão fora da zona de controlo definida no modelo de carta de controlo.

Cada teste deverá ser aplicado de forma independente a cada um dos modelos de cartas de controlo fornecidas ao sistema. Os testes envolvendo pontos de amostragem não são

exclusivos, podendo um dado ponto de amostragem ser detectado como anómalo de forma independente por vários testes.

O procedimento para o teste de aplicabilidade de um modelo de carta de controlo consiste em determinar qual a percentagem de pontos de amostragem com o de valor Q_j superior ao Q_{lim} definido no modelo da carta de controlo. Se esta percentagem for superior a 50%, o modelo da carta de controlo correspondente poderá não ser aplicável a este conjunto de pontos de amostragem.

O procedimento para o teste da necessidade de recalibração para um dado modelo de carta de controlo é implementado do seguinte modo:

- i) para cada ponto de amostragem recolhido obter o valor Q_j (procedimento implementado no bloco p.4)
- ii) obter o valor médio de Q_j do registo histórico correspondente a este modelo da carta de controlo
- iii) calcular o valor médio de Q_j no conjunto dos pontos de amostragem
- iv) determinar se o rácio entre o valor definido no ponto iii) e o valor definido no ponto ii) é estatisticamente superior ao valor da hipótese nula correspondente, avaliado

com um teste de randomização e para um nível de significância de 95%

Se o teste definido no ponto iv) for verdadeiro, o modelo da carta de controlo, possivelmente, necessita de uma recalibração.

No caso de não ser fornecido de qualquer modelo da carta de controlo, o sistema utilizará o modelo de PCA predefinido e não será necessária a realização deste teste.

O procedimento para o teste para a detecção de pontos de amostragem anómalos, para um modelo de carta de controlo, é implementado do seguinte modo:

i) obter os valores Q_j para cada conjunto de espectros correspondentes a um dado ponto de amostragem (procedimento implementado no bloco p.4)

ii) se os valores Q_j correspondentes a este conjunto de espectros são estatisticamente superiores ao valor Q_{lim} definido no modelo da carta de controlo, para um nível de significância de 95%, o ponto de amostragem respectivo é marcado como anómalo (nesta carta de controlo).

Os pontos de amostragem detectados como anómalos neste teste correspondem aos pontos cujas características não se

encontram dentro do sub-espço definido pelo modelo da carta de controlo utilizado.

O procedimento que implementa o teste para a detecção dos pontos de amostragem fora da zona de controlo definida por um dado modelo de carta de controlo é implementado da seguinte forma:

i) obter os valores para o $T2_j$ para cada conjunto de espectros correspondentes a um dado ponto de amostragem (procedimento implementado no bloco p.4)

ii) se os valores $T2_j$ correspondentes a este conjunto de espectros são estatisticamente superiores ao valor $T2_{lim}$ definido no modelo da carta de controlo, para um nível de significância de 95%, o ponto de amostragem respectivo é marcado como fora de controlo (nesta carta de controlo).

Os pontos de amostragem fora da zona de controlo deverão ser alvo de posterior análise por forma a identificar a(s) causa(s) das características observadas. Será da responsabilidade do operador/gestor do sistema a identificação e posterior definição das acções correctivas a aplicar nas zonas definidas pelos pontos de amostragens fora da zona de controlo.

Detecção de anomalias nos modelos de calibração

Existem quatro testes para a detecção de anomalias com base nos modelos de calibração: i) teste de aplicabilidade dos modelos de calibração; ii) teste da necessidade de recalibração dos modelos de calibração que deverá ser aplicado a cada uma das calibrações fornecidas ao sistema e sempre que é processado um novo conjunto de pontos de amostragem; iii) teste para a validação das previsões de um modelo de calibração; e, iv) teste para a fiabilidade de previsão num dado ponto de amostragem.

Cada teste deverá ser aplicado de forma independente a cada um dos modelos de calibração fornecidos ao sistema. Os testes envolvendo pontos de amostragem não são exclusivos, podendo um dado ponto de amostragem ser detectado como anómalo de forma independente por vários testes.

O procedimento para o teste de aplicabilidade dos modelos de calibração consiste em determinar qual a percentagem de pontos de amostragem com um valor de Q_j superior ao Q_{lim} definido no modelo de calibração. Se esta percentagem for superior a 50%, o modelo da carta de controlo correspondente poderá não ser aplicável a este conjunto de pontos de amostragem.

O procedimento para o teste da necessidade de recalibração dos modelos de calibração é implementado do seguinte modo:

i) para cada ponto de amostragem recolhido obter o valor Q_j (procedimento implementado no bloco p.5)

ii) obter o valor médio de Q_j do registo histórico correspondente a este modelo de calibração

iii) calcular o valor médio de Q_j no conjunto dos pontos de amostragem

iv) determinar se o rácio entre o valor definido no ponto iii) e o valor definido no ponto ii) é estatisticamente superior ao valor da hipótese nula correspondente, avaliado por um teste de randomização e para um nível de significância de 95%

Se o teste definido no ponto iv) for verdadeiro, este modelo de calibração, possivelmente, necessita de uma recalibração.

O procedimento para o teste da validação das previsões de um modelo de calibração é implementado do seguinte modo:

i) escolher um subconjunto representativo do conjunto dos pontos de amostragem para efectuar uma recolha de bagos e/ou folhas e determinar analiticamente, por meio da análise laboratorial adequada, a concentração do metabolito que é descrito pelo modelo de calibração.

ii) determinar os desvios quadráticos entre os valor da previsão do modelo de calibração e os valores obtidos pela análise em laboratório, para o subconjunto dos pontos de amostragem definidos no ponto anterior. Se os desvios quadráticos observados forem estatisticamente superiores aos intervalos de previsão do modelo de calibração, para um nível de significância de 95%, o modelo de calibração deverá ser recalibrado ou reajustado.

O procedimento para o teste da fiabilidade de previsão num dado ponto de amostragem e para um dado modelo de calibração consiste em determinar: a) se o ponto de amostragem está dentro do sub-espço do modelo de calibração, alíneas i) e ii); b) se o valor da previsão, para esse ponto de amostragem, está dentro dos limites de validade do modelo de calibração, alínea iii); e c) se o intervalo de previsão, para esse ponto de amostragem, é estatisticamente semelhante ao erro de validação do modelo, alíneas iv). Os diagnósticos são implementados conforme o definido nas seguintes alíneas:

i) obter os valores Q_j para cada conjunto de espectros correspondentes a um dado ponto de amostragem (procedimento implementado no bloco p.4)

ii) se os valores Q_j correspondentes a este conjunto de espectros são estatisticamente superiores ao valor Q_{lim} definido no modelo de calibração, para um nível de

significância de 95%, o ponto de amostragem encontra-se fora do espaço do modelo de calibração

iii) determinar se o valor da estimativa para a concentração, no ponto de amostragem, está fora dos limites superior e inferior da gama de concentrações utilizadas para a definição do modelo de calibração

iv) determinar o intervalo de previsão, no ponto de amostragem em causa. Comparar se este intervalo de previsão é estatisticamente superior ao valor do erro de validação do modelo de calibração, para um nível de significância de 95%.

A avaliação da fiabilidade da estimativa do modelo de calibração será definida pelo operador/gestor do modelo com base nestes três critérios fornecidos pelo sistema e em cada ponto de amostragem.

2.3.2 Apresentação da informação relativamente às cartas de controlo multivariado

Para cada modelo de carta de controlo são construídos dois gráficos: o gráfico de controlo multivariado, o gráfico de diagnóstico Q-T, imagem da variabilidade da vinha.

O procedimento para a construção do gráfico de controlo multivariado é implementado do seguinte modo:

i) obter, para cada ponto experimental, os valores de t_j para cada um dos espectros j do conjunto (bloco p.4). O operador/gestor do sistema deverá escolher quais as variáveis latentes a representar no gráfico. Na ausência desta especificação o sistema assume a selecção das duas variáveis latentes com maior variância.

ii) representar, para cada espectro j e num sistema de coordenadas cartesiano, os pontos correspondentes aos valores (P_{x_j}, P_{y_j}) em que P_{x_j} é o valor da variável latente t_j com maior variância (representada no eixo das abcissas) e P_{y_j} é o valor da variável latente t_j com a segunda maior variância (representada no eixo das ordenadas).

iii) sobrepor, ao gráfico do ponto anterior, a elipse de Confelli com centro no ponto $(0,0)$, definida com a matrix C_{lv} (bloco p.4) e para o percentil 90 e 95 da variável estatística T quadrado de Hotelling para as variáveis seleccionadas.

O procedimento para a construção do gráfico de diagnóstico Q-T é implementado do seguinte modo:

i) obter, para cada ponto experimental, os valores de T^2_j e Q_j para cada um dos espectros j do conjunto (bloco p.4).

ii) representar, para cada espectro j e num sistema de coordenadas cartesiano, os pontos correspondentes aos valores (P_{x_j}, P_{y_j}) em que P_{x_j} é o valor da variável $T2_j$ (representado no eixo das abcissas) e P_{y_j} é o valor da variável Q_j (representada no eixo das ordenadas).

iii) sobrepor, ao gráfico do ponto anterior, uma linha vertical no ponto $(0, T2_lim)$ e uma linha horizontal no ponto $(Q_lim, 0)$.

O procedimento de construção da imagem da variabilidade da vinha, para cada modelo de carta de controlo, é implementado do seguinte modo:

i) seleccionar a variável latente desejada do modelo da carta de controlo

ii) construir a imagem utilizando as coordenadas definidas na malha geo-referenciada e em cada ponto de amostragem representar o valor da variável latente seleccionada numa escala de valores de contraste de cor adequada

iii) opcionalmente, esta imagem poderá ser sobreposta a uma fotografia geo-referenciada da vinha criando uma imagem de realidade aumentada e assim facilitar a interpretação da informação gerada pelo sistema.

É da responsabilidade do operador/gestor do sistema a selecção da variável latente, assim como a interpretação dos resultados obtidos estas imagens de realidade aumentada.

2.3.3 Apresentação da informação relativamente aos modelos de calibração

A apresentação da informação relativa a cada modelo de calibração fornecido ao sistema é efectuada através de um mapa com a distribuição espacial da concentração metabolito na vinha. Esta imagens serão abreviadamente designadas por imagens metabólicas.

O procedimento para obter este mapa é implementado do seguinte modo:

i) construir a imagem utilizando as coordenadas definidas na malha geo-referenciada e em cada ponto de amostragem representar o valor da concentração do metabolito estimada pelo modelo de calibração numa escala de valores de contraste de cor adequada

iii) opcionalmente, esta imagem poderá ser sobreposta a uma fotografia geo-referenciada da vinha criando uma imagem de realidade aumentada e assim facilitar a interpretação da informação gerada pelo sistema.

Esta imagem poderá ser utilizada para diagnosticar as regiões do mapa que apresentam características metabólicas específicas e definir zonas de intervenção diferenciada na vinha.

Exemplos de Realização

São de seguida apresentados exemplos de realização, onde é demonstrada a aplicabilidade da invenção descrita através da análise de um caso de estudo:

i) imagens da variabilidade na vinha, onde se demonstra o potencial da informação espectroscópica recolhida numa parcela (na uva e na folhagem) e se mostra num mapa as semelhanças existentes entre os vários pontos de amostragem;

ii) imagens com a distribuição espacial da concentração de metabolitos, onde se demonstra a utilidade destes mapas no acompanhamento do processo de maturação das uvas;

iii) carta de controlo para a maturação da uva, em que se ilustra a potencialidade desta técnica para a definição das condições de maturação da uva;

iv) carta de controlo para a monitorização do metabolismo fotossintético da folha.

Os exemplos de realização apresentados nesta patente baseiam-se num caso de estudo realizado, durante o processo de maturação da uva, numa parcela definida dentro de um campo da região Demarcada do Douro com aproximadamente 2000 m². Nesta parcela foi definida uma malha geo-referenciada constituída por 25 pontos nodais e 34 elementos triangulares. Os pontos de amostragem escolhidos foram todos os pontos nodais da malha geo-referenciada e os dados

foram recolhidos semanalmente durante o período de 1-07-2007 a 30-08-2007.

Nos pontos de amostragem foram recolhidos espectros da uva e da folha da videira seguindo o procedimento para a recolha e validação de dados da vinha definido na secção 2.1.

O equipamento de espectroscopia utilizado nesta recolha de dados está esquematizado na figura 2 e foi construído por forma a cumprir os requisitos e funcionalidades definidos na secção 1.2. Os parâmetros de funcionamento deste equipamento foram optimizados, nesta parcela, por forma a obter dados com um bom coeficiente sinal-ruído (rácio entre a potência do sinal de espectroscopia e o sinal aleatório de fundo - ruído).

Adicionalmente à recolha dos dados de espectroscopia, foram escolhidos 5 pontos aleatórios da malha de modo a proceder à recolha de amostras de uvas para quantificar os principais metabolitos. Estas análises foram efectuadas num laboratório especializado e utilizando as técnicas analíticas adequadas para cada metabolito. Os metabolitos quantificados foram: a) ácido málico; b) ácido tartárico; c) beta-caroteno; d) frutose; e) glucose; f) fracção glicosídica (ex. combinada ao linalol); g) luteína; h) feofitina a e b.

Exemplo 1: Imagens da variabilidade na vinha

Imagem de variabilidade na uva

Os dados de espectroscopia recolhidos na uva foram processados de acordo com o procedimento, para a construção

da imagem da variabilidade para vinha, definido na secção 2.3.2 e utilizando como modelo para a carta de controlo o 'modelo de PCA predefinido' presente no sistema.

A variável latente seleccionada para representar na imagem de variabilidade (Figura 3) foi a que possui maior variância. A intensidade de cor, de cada elemento triangular, foi obtida por interpolação linear baseada nos valores da variável latente correspondentes aos 3 pontos nodais que o definem.

A Figura 3 mostra a evolução da heterogeneidade observada no campo ao longo da maturação. De forma geral, as imagens 3.(a) a 3.(c) são relativamente uniformes. Na ultima imagem recolhida antes da colheita apresenta uma zona de maior heterogeneidade no centro da imagem 3.(d).

Este exemplo ilustra a complexidade metabólica da planta dado que numa parcela relativamente pequena, em que as condições ambientais são semelhantes, é possível observar diferentes respostas metabólicas.

A gestão da qualidade da uva como um todo não é uma tarefa simples e a imagem de variabilidade, por si, não explica a causa das diferenças observadas. Contudo, permite localizar as zonas de heterogeneidade onde poderão ser definidas, pelo operador/gestor do sistema, intervenções.

Constituindo-se, assim, como uma ferramenta de apoio à decisão e permitindo uma divisão da parcela com base nas características medidas pelos espectros das uvas. A utilização continuada ao longo do tempo, desta funcionalidade, poderá permitir, ao operador/gestor do sistema: i) definir um conhecimento das características

médias da sua vinha; e, ii) correlacionar esta informação com dados relativamente às características sensoriais desejáveis num vinho por forma estabelecer relações entre a qualidade final de vinhos e as informações retiradas na vinha, durante a maturação da uva.

Imagem de variabilidade na folhagem

Para a construção das imagens de variabilidade da folha foram utilizados apenas os espectros obtidos na folhagem nos dias 15/06/2007, 1/08/2007, 15/08/2007. Os dados de espectroscopia foram processados de acordo com o procedimento para a construção da imagem da variabilidade na vinha definido na secção 2.3.2 e utilizando como modelo para a carta de controlo o modelo de PCA predefinido no sistema.

A variável latente seleccionada para representar na imagem de variabilidade (Figura 4) foi a que possui maior variância. A intensidade de cor, de cada elemento triangular, foi obtida por interpolação linear baseada nos valores da variável latente correspondentes aos 3 pontos nodais que o definem.

A análise da Figura 4, mostra uma relativa uniformidade na folhagem desta parcela. É possível observar, nas duas primeiras imagens, os cantos superiores esquerdo apresentam valores superiores aos observados no resto do campo. Na última imagem, obtida antes da colheita, mostra valores mais elevados localizados no centro da parcela.

Estas diferenças estão ligadas à actividade fotossintética da planta, o que permite efectuar estudos fisiológicos em vivo na videira. De forma semelhante à imagem de variabilidade da uva, a utilização continuada, ao longo do tempo, desta funcionalidade do sistema pode permitir, ao

operador/gestor do sistema, estabelecer relações entre a actividade da planta com outras propriedades relacionadas com a qualidade final do vinho daí produzido.

Exemplo 2: Imagens com a distribuição espacial da concentração de metabolitos (imagens metabolicas)

Neste caso de estudo foram desenvolvidas imagens metabolicas para cada um dos metabolitos: a) ácido málico; b) ácido tartárico; c) beta-caroteno; d) frutose; e) glucose; f) fracção glicosídica (ex. combinada ao linalol); g) luteína; h) feofitina a e b.

A construção da imagem metabólica para cada metabolito, definida na patente, necessita do modelo de calibração para esse metabolito.

O modelo de calibração, para cada metabolito, foi desenvolvido do seguinte modo:

- i) definição de um conjunto de calibração e outro de validação com base nos dados obtidos ao longo do processo de maturação e nos pontos de amostragem em que se determinou a concentração química do metabolito correspondente.
- ii) obtenção de um modelo de calibração, com base na técnica de quadrados mínimos parciais (PLS), entre os espectros recolhidos nos pontos de amostragem do conjunto de calibração e a concentração do metabolito respectiva.
- iii) determinação do número de variáveis latentes óptimas, para o modelo de calibração, com base no conjunto de validação e utilizando a técnica de validação cruzada. O óptimo é determinado pelo menor valor da soma do quadrado da diferença entre os valores observados e as estimativas

do modelo quadrático, para os dados do conjunto de validação.

iv) cálculo dos intervalos de confiança e implementação do modelo de calibração, de acordo com as especificações e funcionalidades definidas na secção 1.4.

A Figura 5 apresenta as imagens metabólicas para cada um dos metabolitos e ao longo do processo de maturação. As imagens foram geradas utilizando o procedimento descrito na secção 2.3.3 e o modelo de calibração correspondente.

A análise da Figura 5 mostra a evolução, ao longo da maturação, dos metabolitos: ácido málico, ácido tartárico, beta-caroteno, frutose, glucose, fracção glicosídica (ex. combinada ao linalol), luteína, feofitina A e feofitina B. Estas, imagens metabólicas, permitem monitorizar em "modo direccionado" da evolução da maturação, isto é, permitem, ao operador/gestor do sistema, acompanhar a evolução de um metabolito específico, responsável por um atributo de qualidade da uva, ao longo do domínio espacial da vinha e ao durante o tempo de maturação da uva.

Neste exemplo é possível observar os seguintes efeitos de maturação da uva, ao longo do tempo, na concentração de:

i) ácidos málico e tartárico: decrescem ao longo da maturação, por exemplo o ácido málico decresce de 39 g/l para 3 g/l;

ii) os açúcares (frutose, glucose): aumentam as suas concentrações desde valores iniciais de 0,500 g/l e 0,200 g/l, respectivamente, no lado direito da parcela e a partir do 3º momento de amostragem. Nos dois últimos momentos de amostragem, mantem-se relativamente constante em valores médios de 99g/l e 101g/l, relativamente;

iii) a fracção glicosídica: aumenta ligeiramente mais rapidamente na zona direita da parcela (ex. de 2.8ug/l para 1 ug/l). Nos dois últimos momentos de amostragem esta concentração é mais homogénea na maior parte parcela (composição média de 4.5ug/l) existindo, apenas pequenas zonas nos cantos inferior direito e esquerdo onde a sua concentração é superior (6ug/l);

vi) luteína: no 1º momento de amostragem apresenta concentrações elevadas no canto superior direito (2184 ug/l) passando, no 2º momento de amostragem, a uma concentração máxima no centro da parcela (2339 ug/l). A partir deste momento, as concentrações começam a baixar do lado direito da parcela para o esquerdo até ao momento de colheita, com uma concentração média de 1101ug/l;

v) beta-caroteno: no 1º momento de amostragem, apresenta elevadas concentrações no canto superior direito da parcela (520ug/l); concentrações médias na parte inferior da parcela (450ug/l) e valores baixos no todo o resto da parcela (380ug/l). Contudo, no 2º momento de amostragem, verificamos que as maiores concentrações encontram-se numa faixa horizontal no centro da parcela (430ug/l). Após este momento, as concentrações de b-caroteno diminuem da direita para a esquerda da parcela até ao momento da colheita, onde a sua concentração média é de 253ug/l;

vi) feofitina a e b: no 1º momento de amostragem, apresentam valores elevados de concentração (432 ug/l e 5109 ug/l, respectivamente). No 2º momento de amostragem, a sua concentração ainda aumenta, principalmente na zona central da parcela atingindo valores perto de 520ug/l e 5736ug/l, respectivamente. No 3º momento de amostragem, decresce para valores de 198 ug/l e 1048ug/l. Até ao momento da colheita mantêm estes níveis, apresentam níveis médios de 205 ug/l e 1200 ug/l, respectivamente.

Exemplo 3: Monitorização do processo de maturação da uva

A monitorização do processo de maturação da uva necessita da especificação de um modelo de carta de controlo adequado. Neste exemplo, o modelo especificado foi desenvolvido utilizando como referência os espectros das uvas obtidos nos pontos de amostragem com a composição metabólica desejada.

Neste exemplo, a composição metabólica de referencia foi estabelecida pelo seguinte perfil metabólico: i) ácido málico: 10 ± 2 g/l; ii) ácido tartárico: 3 ± 1 g/l; iii) beta-caroteno: 250 ± 15 ug/l; iv) frutose: 100 ± 5 g/l; v) glucose: 102 ± 5 g/l; linalool: 5 ± 1 ug/l; vi) luteína: 1100 ± 50 ug/l; vii) feofitina A: 205 ± 15 ug/l; e, vii) feofitina B: 1200 ± 50 ug/l.

O modelo da carta de controlo foi construído do seguinte modo:

- i) selecção do conjunto de espectros referentes ao ponto de amostragem com uvas maduras.
- ii) construção de um modelo de componentes principais com base neste conjunto e escolhendo as duas variáveis latentes com maior variância.
- iii) como base neste modelo, calcular os percentis 95 da estatística do T quadrado de Hotelling e da estatística do erro quadrático.
- iv) implementação do modelo no sistema de modo a satisfazer os pressupostos e funcionalidades descritos na secção 1.3. Este modelo é denominado 'modelo da carta de controlo da maturação da uva'.

A construção do gráfico de controlo multivariado para a monitorização da maturação da uva segue as recomendações definidas na secção 2.3.2 desta patente. Na Figura 6, foram representados todos os pontos de amostragem recolhidos na parcela e ao longo de todo o processo de maturação. Os pontos de amostragem que se encontram dentro da elipse de Confelli (intervalo de confiança para o modelo da carta de controlo) indicam que estão dentro ou cumprem as especificações metabólicas definidas. Isto é, os pontos de amostragem dentro dos limites de confiança definem zonas da parcela em que podemos garantir que a produção vitícola está de acordo com as especificações definidas de acordo com as características metabólicas definidas pela uvas de controlo, caso contrário está fora de controlo e a identificação das causas para este comportamento deverá ser investigadas pelo operador/gestor do sistema.

Todas as amostras que saem fora do círculo de controlo (ver Figura 6) devem ser analisadas em termos das diferenças observadas nos espectros para compreender quais os principais factores que levam a amostra estar fora de controlo.

As análises das diferenças encontradas no espectro, em termos das gamas de comprimentos de onda relevantes, permite dar pistas para a causa provável do desvio apresentado.

A distância ao centro do alvo reflecte a diferença em relação ao grau de maturação desejado, ou seja, quanto maior for a distância ao centro da carta de controlo,

maiores serão as diferenças espectrais e composicionais entre as amostras e as uvas de controlo. Esta distância e posição no quadrante da carta de controlo pode ser utilizada para monitorizar a causa da diferença.

Como exemplo da potencialidades desta análise, apresenta-se, na imagem 6b, um estudo das várias diferenças encontradas durante um trajecto de maturação definido pelos pontos de (1) a (4), nos quais, as uvas vão alterando a sua composição metabólica até atingirem o momento de maturação desejado, dentro do circulo de controlo, o qual corresponde ao perfil metabólico desejado para se efectuar a colheita:

i)no ponto 1, o erro em relação ao controlo apresenta valores muito elevados na gama dos 500 aos 640nm, sendo uma indicação da elevada concentração de feofitinas (feofitina A a 520mg/l, feofitina B a 5736 mg/l) ainda presentes nas uvas, que nesta altura ainda se encontram imaturas;

ii)no ponto 2 verifica-se que as contribuições nesta gama diminuem mas aumentam na gama dos 700 aos 900nm significando que existe uma diminuição das feofitinas (feofitina A a 198 mg/l, feofitina B a 1048 mg/l) e um aumento da quantidade de beta-carotenos (470 mg/l);

iii)no ponto 3 observa-se que a contribuição na gama dos 700 aos 900nm aumenta devido ao facto da uva estar aproxima da madura. Neste ponto, a uva apresenta uma concentração de frutose e glucose de 50g/l e 42g/l, respectivamente. Contudo, ainda não contém as concentrações de açúcares e fenólicos definidos para a uva madura.

iv)no ponto 4, a uva apresenta características muito próximas das definidas para o momento da colheita. Nesta, fase crítica é onde a uva ganha as características aromáticas e de açúcares que as distinguem para a época da colheita. A comparação dos espectros destas uvas com os das

uvas de controlo mostra que é maioritariamente na gama de 630nm-700nm e 800nm-950nm que se encontram as maiores diferenças. Estas diferenças traduzem-se na concentração de beta-caroteno 230 mg/l, ácidos orgânicos (málico 15 mg/l e tartárico 5 mg/l) e na fracção glicosídica combinada ao linalol (não detectado). Embora estas uvas estejam muito próximas do que foi especificado como próprio para a colheita, ainda não detêm todo o potencial aromático desejado, indicado pela insuficiente concentração da fracção glicosídica combinada ao linalol.

À medida que as uvas vão ficando maduras, os espectros recolhidos vão ficando no interior do limites de controlo definidos pelo modelo da carta de controlo.

O operador/gestor do sistema poderá utilizar este tipo de informação e decidir qual a melhor estratégia para a apanha das uvas. Com base na informação presente nas cartas de controlo, poderá estabelecer quais as zonas com uvas de maior qualidade e decidir sobre a segmentação da colheita com vista ao desenvolvimento de vinhos com características diferenciadas.

Na carta de controlo observa-se, ainda, alguns pontos de amostragem com um valor positivo (400-600) no eixo das abcissas e valores próximos de zero no eixo das ordenadas que estão fora dos limites de controlo. Estes pontos saem fora da tendência geral da direcção de maturação da uva, e foi verificado no campo que estas uvas apresentavam indícios de podridão.

Exemplo 4: Monitorização do metabolismo fotossintético da vinha

Na Figura 7 apresenta-se uma carta de controlo espectral para a monitorização do metabolismo fotossintético da planta.

O modelo da carta de controlo foi estabelecido com base nos pontos de amostragem cujas folhas apresentam um conteúdo médio de clorofila e seguindo um procedimento análogo ao indicado para o exemplo 3.

Na Figura 7 observa-se que existe uma tendência, na variável latente com maior variância, que descreve um trajecto semelhante ao observado no exemplo anterior, podendo corresponder a uma evolução metabólica até ao ponto de colheita.

Descrição das Figuras

Para uma mais fácil compreensão da invenção juntam-se em anexo as figuras, as quais, representam realizações preferenciais que, contudo, não pretendem, limitar o objecto da presente invenção.

Figura 1. Fluxograma apresentando o processo proposto nesta invenção.

Figura 2. Exemplo de concretização para o equipamento para a aquisição de espectros na vinha de acordo com as especificações apresentadas neste invento. Neste exemplo é composto por: caixa para protecção e portabilidade; e componentes compatíveis com as especificações apresentadas nesta patente; onde:

- (1) representa orifícios de refrigeração,
- (2) representa local para espectrofotómetro,
- (3) representa local para fonte de energia,
- (4) representa local para fonte de luz,
- (5) representa orifício para fibra de saída,
- (6) representa descanso para sonda,
- (7) representa orifício para fibra de entrada,
- (8) representa espaço para acondicionamento da fibra durante o transporte,
- (9) representa a fonte de energia,
- (10) representa a fonte de luz,
- (11) representa o espectrofotómetro, e
- (12) representa a sonda de reflectância difusiva (fibra óptica).

Figura 3. Série de imagens mostrando a heterogeneidade da vinha com base na informação obtida a partir das variáveis latentes. As zonas da vinha em que as uvas possuem características semelhantes estão representadas nas imagens com a mesma cor. A série codificada de (a) a (d) corresponde à variável latente com a maior variância e está ordenada cronologicamente de acordo com as seguintes datas de aquisição: 1/06/2007, 15/06/2007, 1/08/2007, 15/08/2007.

Figura 4. Série de imagens mostrando a heterogeneidade da folhagem com base na informação obtida a partir das variáveis latentes do espectro das folhas. As zonas da vinha em que as folhas possuem características semelhantes estão representadas nas imagens com a mesma cor. A série codificada de (a) a (c) corresponde à variável latente com a maior variância e está ordenada cronologicamente de acordo com as seguintes datas de aquisição: 15/06/2007, 1/08/2007, 15/08/2007.

Figura 5. Imagens da concentração metabólica em contraste de tom ao longo da maturação. Tons claros correspondem a baixas concentrações e tons escuros correspondem a concentrações mais elevadas. Cada série de imagens (linha) está ordenada cronologicamente da esquerda para a direita correspondendo às seguintes datas de aquisição: 1/06/2007, 15/06/2007, 1/08/2007, 15/08/2007. As séries de (a) a (i) correspondem, respectivamente, ao ácido málico, ácido tartárico, beta-caroteno, frutose, glucose, fracção glicosídica, luteína, feofítina A e feofítina B.

Figura 6. Carta de controlo da maturação da uva (a) espectros de uvas; (b) carta de controlo.

Figura 7. Carta de controlo multivariado para os espectros recolhidos nos pontos de amostragem às folhas da videira: (a) espectros das folhas; (b) carta de controlo.

R E I V I N D I C A Ç Õ E S

1. Método de monitorização da produção de uva **caracterizado por** compreender os seguintes passos:
 - a. definir, numa malha geo-referenciada fornecida, um conjunto representativo de pontos de amostragem;
 - b. adquirir espectro UV-VIS-SWNIR, ultravioleta/visível/ infravermelho próximo de onda curta, 200 - 1200nm em bagos de uva ou folhas, ou ambas, nos pontos de amostragem definidos;
 - c. efectuar cálculo multivariado de parâmetros de controlo ou da concentração dos metabolitos.

2. Método de monitorização da produção de uva de acordo com a reivindicação anterior **caracterizado por** compreender adicionalmente os seguintes passos:
 - a. recolha de dados numa malha geo-referenciada, compreendendo os referidos pontos de amostragem;
 - b. validar cada recolha de espectro, repetindo a recolha se necessário;
 - c. corrigir a intensidade de sinal e variância do procedimento de amostragem.

3. Método de diagnóstico da produção de uva de acordo com a reivindicação anterior **caracterizado por** compreender adicionalmente os seguintes passos:

- a. detectar anomalias resultantes do pré-tratamento de dados;
 - b. detectar anomalias com base nos modelos de cartas de controlo;
 - c. detectar de anomalias nos modelos de calibração.
4. Método de monitorização da produção de uva de acordo com a reivindicação anterior **caracterizado por** compreender adicionalmente os seguintes passos:
- a. recolher múltiplos espectros em cada ponto;
 - b. efectuar uma análise de componentes principais com os múltiplos espectros corrigidos;
 - c. determinar o número de variáveis latentes, relevantes no modelo de componentes principais utilizando técnica de aleatorização aplicada aos comprimentos de onda;
 - d. verificar qual o número de amostras dentro do intervalo de confiança definido pela estatística de T quadrado de Hotelling e dentro do intervalo de validade do modelo de componentes principais;
 - e. adicionar mais pontos de amostragem, se o número de amostras no ponto anterior não for suficiente;
 - f. aplicar as cartas de controlo multivariado a dados espectrais e quantificações metabólicas dadas pelos modelos na uva e folhas.

5. Método de monitorização da produção de uva de acordo com a reivindicação anterior **caracterizado por** compreender adicionalmente os seguintes passos:
 - a. aplicação de um filtro a cada um dos espectros para remover ruído aleatório, em particular o filtro Savisky-Golay;
 - b. remoção de artefactos de difracção aplicada a cada conjunto de dados de cada um dos pontos de amostragem, em particular usando método de correcção por dispersão;
 - c. cálculo da absorvância, a partir dos dados de reflectância.

6. Método de monitorização da produção de uva de acordo com a reivindicação anterior **caracterizado por** calcular parâmetros de controlo multivariado compreendendo os seguintes passos:
 - a. analisar projecções latentes através de um modelo de regressão parcial de quadrados mínimos;
 - b. verificar se correspondem ao sinal característico de uma uva pelo método das variáveis latentes;
 - c. calcular concentração dos diferentes metabolitos utilizando os modelos embebidos.

7. Método de monitorização da produção de uva de acordo com a reivindicação anterior **caracterizado por** os referidos metabolitos compreenderem: ácido málico;

ácido tartárico; beta-caroteno; fructose; glucose; fracção glicosídica; luteína; feofitina a e b.

8. Método de monitorização da produção de uva de acordo com a reivindicação 7 **caracterizado por**, com base em imagens de variância, adquiridas de forma não evasiva e não destrutiva, projectando a diferentes gradientes de cor na malha georeferenciada o valor da correspondente à variável latente, compreender adicionalmente um ou mais dos seguintes passos:
 - a. detectar quimicamente em modo não direccionado de anomalias metabólicas da videira, através da informação espectral da uva;
 - b. registar histórico químico em modo não direccionado permitindo seguir em vivo a variância metabólica durante a maturação da uva, e consequentemente visualiza-la em 2D na malha georeferenciada;
 - c. diagnosticar os pesos espectrais da coordenada da variável latente de cada ponto da malha georeferenciada;
 - d. agrupar e classificar zonas da malha georeferenciada num determinado momento da maturação, ou ao longo deste processo, até à colheita;
 - e. definir tempo óptimo de colheita da malha, ou de parcelas nela incluída, ou seja Zonagem;
 - f. visualizar a variância de duas ou mais malhas georeferenciadas com a mesma casta, e consequentemente

- agrupar e classificar diferentes parcelas num determinado momento da maturação;
- g. visualizar a variância de duas ou mais malhas georeferenciadas com a mesma casta, e conseqüentemente agrupar e classificar diferentes parcelas em diferentes momentos da maturação;
 - h. visualizar a variância de duas ou mais malhas georeferenciadas com diferentes castas, e conseqüentemente agrupar e classificar diferentes parcelas num determinado momento da maturação;
 - i. visualizar a variância de duas ou mais malhas georeferenciadas com diferentes castas, e conseqüentemente agrupar e classificar diferentes parcelas em diferentes momentos da maturação.
9. Método de monitorização da produção de uva de acordo com a reivindicação 7 **caracterizado por**, com base em imagens de variância, adquiridas de forma não evasiva e não destrutiva, projectando a diferentes gradientes de cor na malha georeferenciada o valor da correspondente à variável latente, compreender adicionalmente um ou mais dos seguintes passos:
- a. detectar quimicamente em modo não direccionado de anomalias metabólicas da videira, através da informação espectral da folhagem;
 - b. registar histórico químico em modo não direccionado permitindo seguir em vivo a variância metabólica da

- folhagem, e conseqüentemente visualizar em 2D a variância global na malha geo-referenciada;
- c. diagnosticar os pesos espectrais da coordenada da variável latente de cada ponto da malha georeferenciada em relação ao espectro da folhagem;
 - d. agrupar e classificar zonas da malha georeferenciada num determinado momento da maturação, ou ao longo deste processo, até à colheita pelo espectro da folhagem;
 - e. Apoio ao diagnóstico do estado fisiológico da planta na malha geo-referenciada, ou de parcelas nela incluída ;
 - f. visualizar a variância de duas ou mais malhas georeferenciadas com a mesma casta, e conseqüentemente agrupar e classificar diferentes parcelas num determinado momento da maturação pela informação espectral da folhagem;
 - g. visualizar a variância de duas ou mais malhas georeferenciadas com a mesma casta, e conseqüentemente agrupar e classificar diferentes parcelas em diferentes momentos da maturação pela informação espectral da folhagem;
 - h. visualizar a variância de duas ou mais malhas georeferenciadas com diferentes castas, e conseqüentemente agrupar e classificar diferentes parcelas num determinado momento da maturação pela informação espectral da folhagem;

- i. visualizar a variância de duas ou mais malhas georeferenciadas com diferentes castas, e consequentemente agrupar e classificar diferentes parcelas em diferentes momentos da maturação pela informação espectral da folhagem.
10. Método de monitorização da produção de uva de acordo com a reivindicação 7 **caracterizado por**, com base em imagens de variância, adquiridas de forma não evasiva e não destrutiva, projectando a diferentes gradientes de cor na malha georeferenciada o valor da correspondente à variável latente, compreender adicionalmente um ou mais dos seguintes passos:
- a. detectar quimicamente em modo direccionado de anomalias metabólicas da videira, através da informação espectral da uva na malha georeferenciada;
 - b. registar histórico químico em modo direccionado permitindo seguir em vivo a concentração do metabolito durante a maturação da uva, e consequentemente visualizar em 2D a variância global na malha geo-referenciada;
 - c. agrupar e classificar zonas da malha georeferenciada num determinado momento da maturação, ou ao longo deste processo, até à colheita pelo espectro da uva, baseado na concentração do metabolito;

- d. definir tempo optimo de colheita da malha, ou de parcelas nela incluída, Zonagem, baseada em metabolitos;
- e. visualizar a variância de duas ou mais malhas geo-referenciadas com a mesma casta, e consequentemente agrupar e classificar diferentes parcelas num determinado momento da maturação baseada na concentração do metabolito ou metabolitos;
- f. visualizar a variância de duas ou mais malhas geo-referenciadas com a mesma casta, e consequentemente agrupar e classificar diferentes parcelas em diferentes momentos da maturação baseada na concentração do metabolito ou metabolitos;
- g. visualizar a variância de duas ou mais malhas geo-referenciadas com diferentes castas, e consequentemente agrupar e classificar diferentes parcelas num determinado momento da maturação baseada na concentração do metabolito ou metabolitos;
- h. visualizar a variância de duas ou mais malhas geo-referenciadas com diferentes castas, e consequentemente agrupar e classificar diferentes parcelas em diferentes momentos da maturação baseada na concentração do metabolito ou metabolitos;
- i. seleccionar diferentes zonas da malha geo-referenciada com diferentes atributos quimicos ligados à qualidade sensorial da uva;

- j. seleccionar castas em função da produção de metabolitos/precusores chave na qualidade do vinho :os aromas varietais.
11. Dispositivo de monitorização da produção de uva **caracterizado por** compreender:
- a. espectrofotómetro UV-VIS-SWNIR, ultravioleta/ visível/ infravermelho próximo de onda curta, em particular de 200 a 1200nm;
 - b. processador de dados com meios para efectuar cálculo multivariado de parâmetros de controlo ou da concentração de metabolitos.
12. Dispositivo de monitorização da produção de uva **caracterizado por** compreender adicionalmente:
- a. fonte de luz, em particular fonte de halogéneo;
 - b. fonte de energia;
 - c. sonda de fibra óptica para a medição reflectância difusiva adaptada às medições na uva e folhas.

F I G U R A S

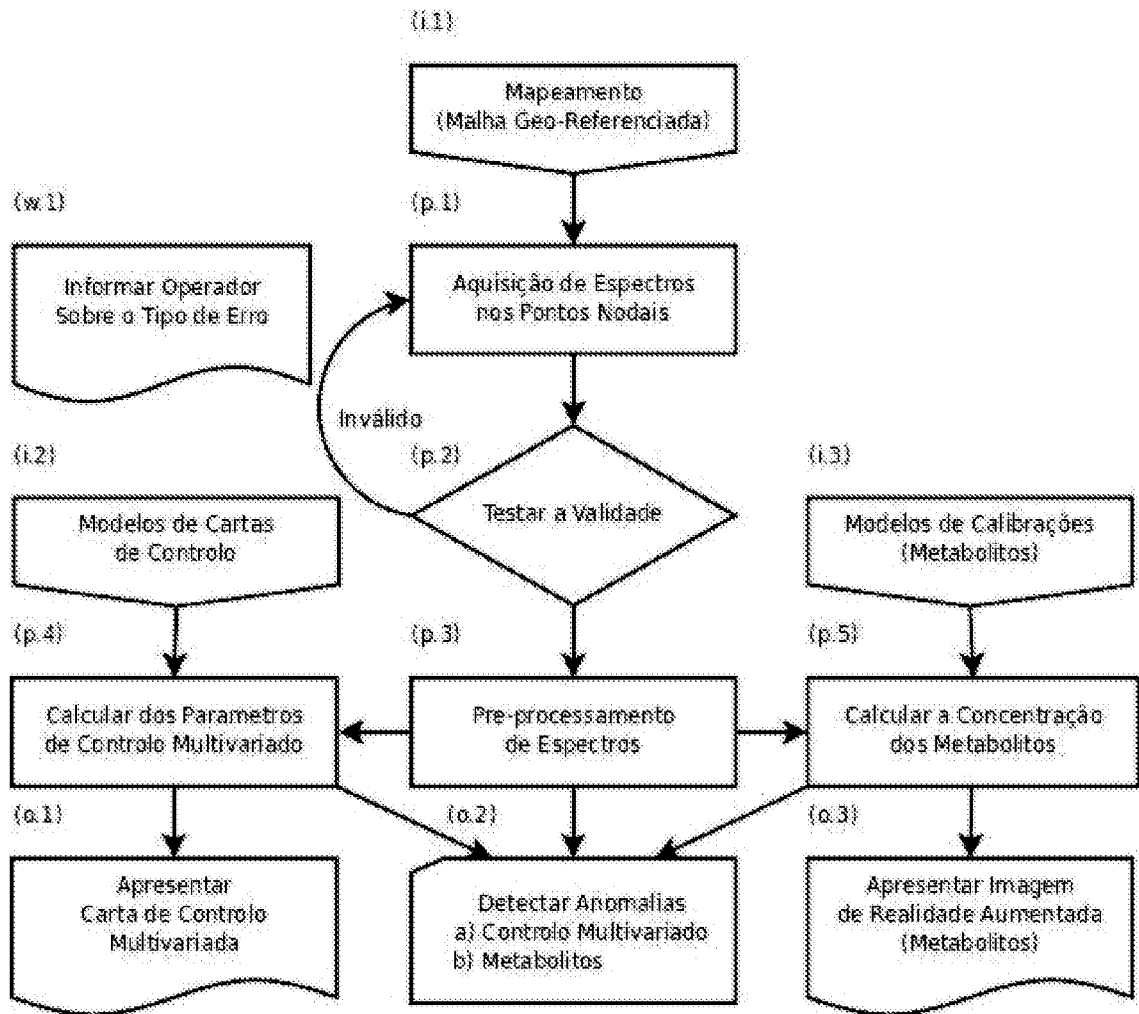


Figura 1

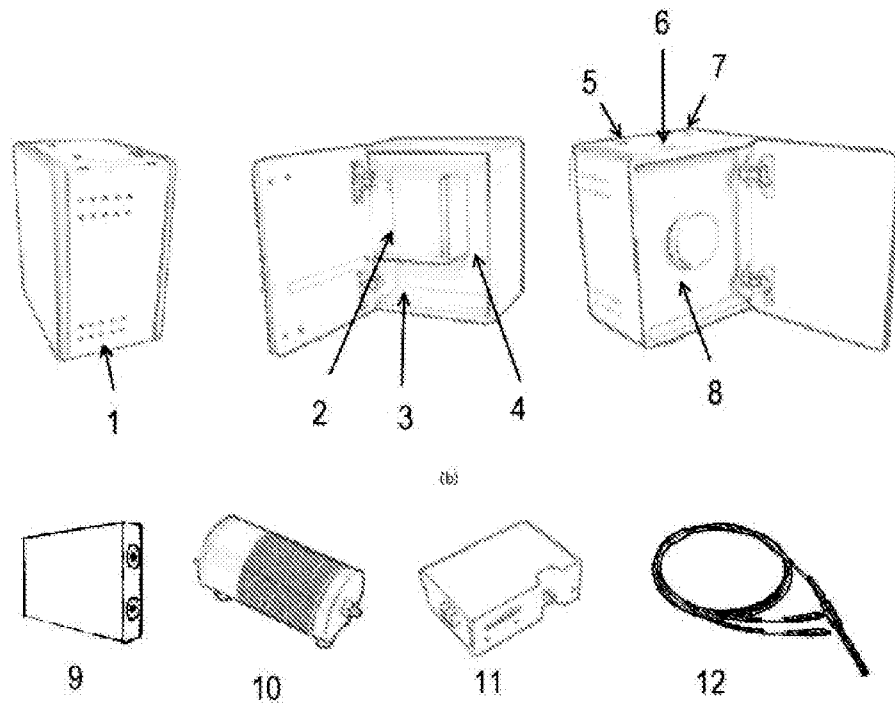


Figura 2

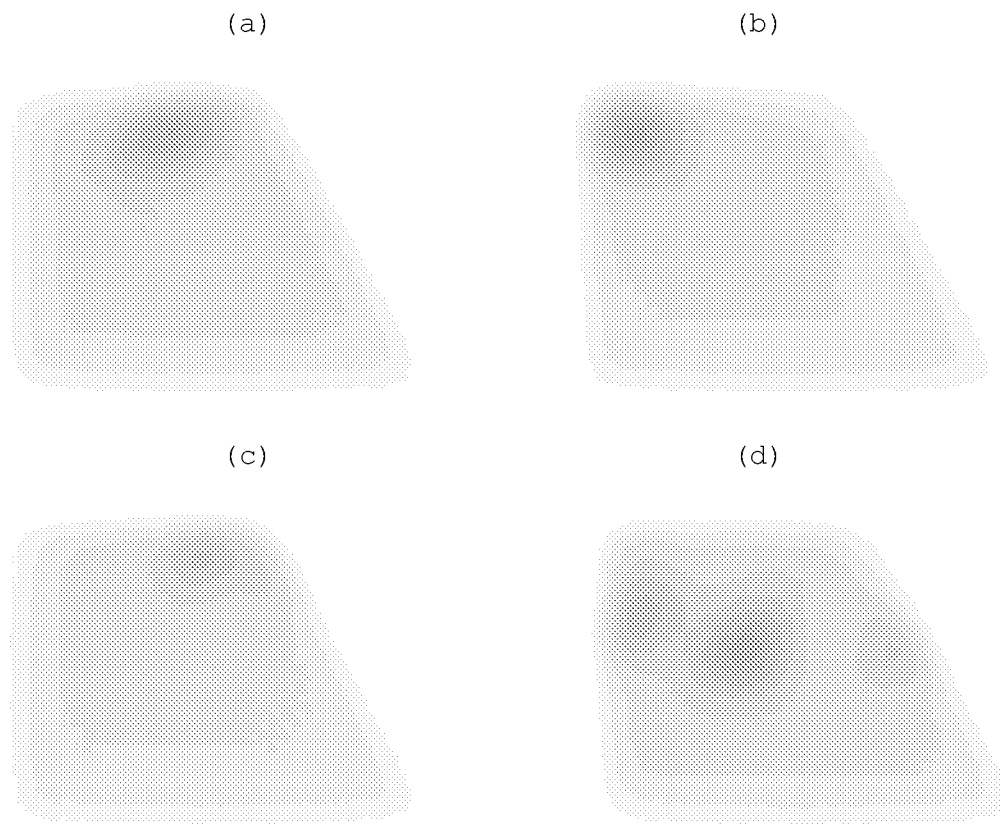
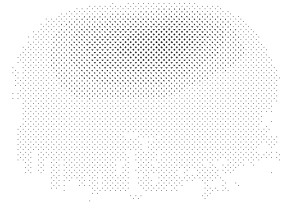


Figura 3

(a)



(b)



(c)

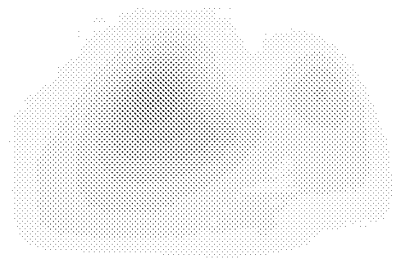


Figura 4

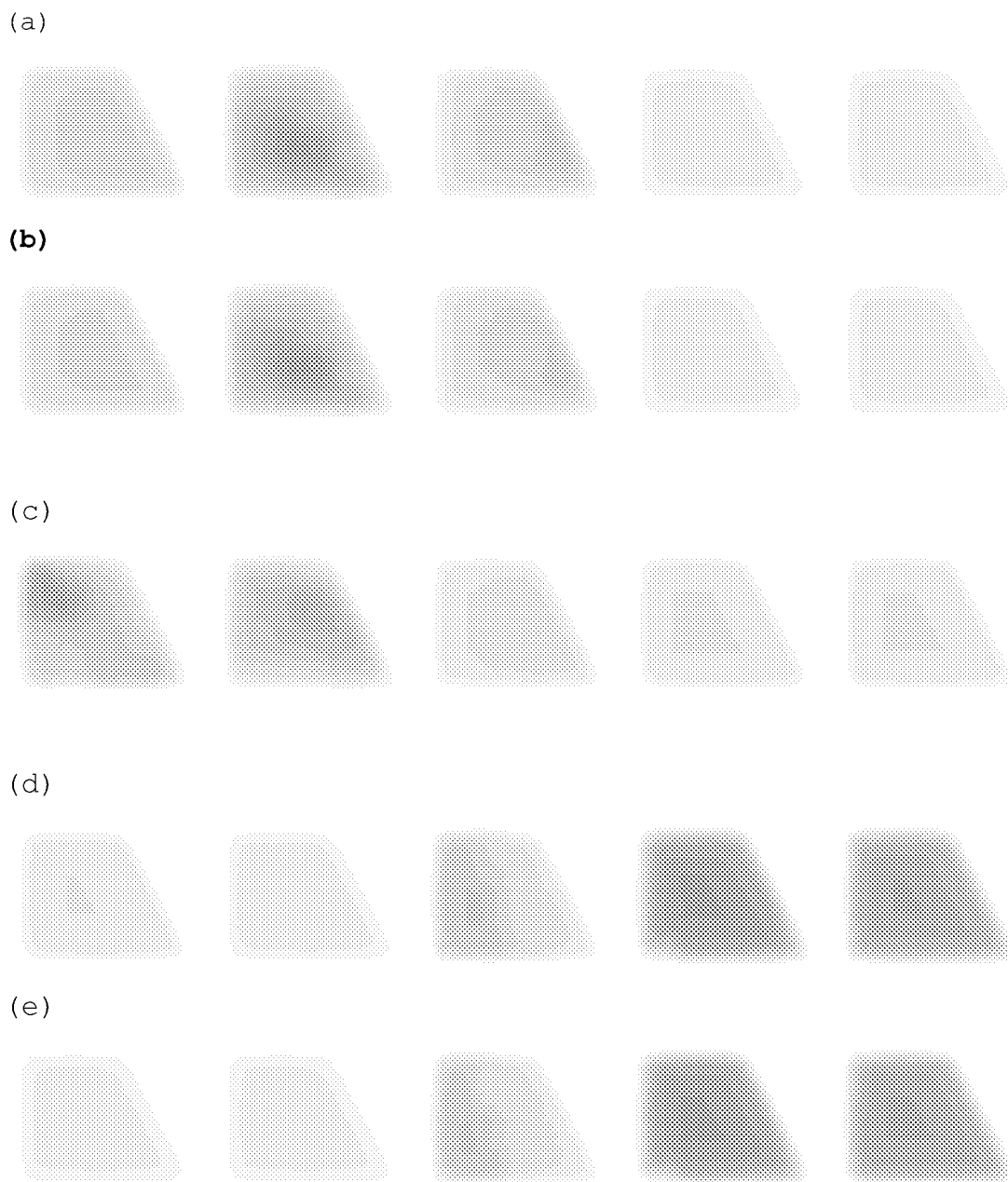
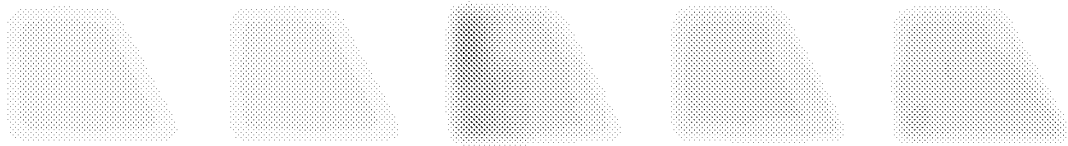
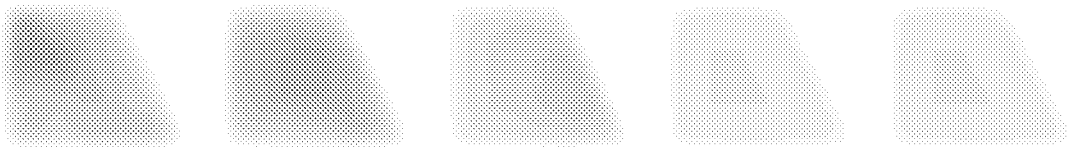


Figura 5a

(f)



(g)



(h)



(i)

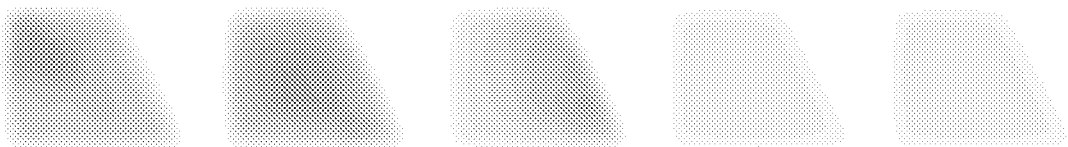


Figura 5b

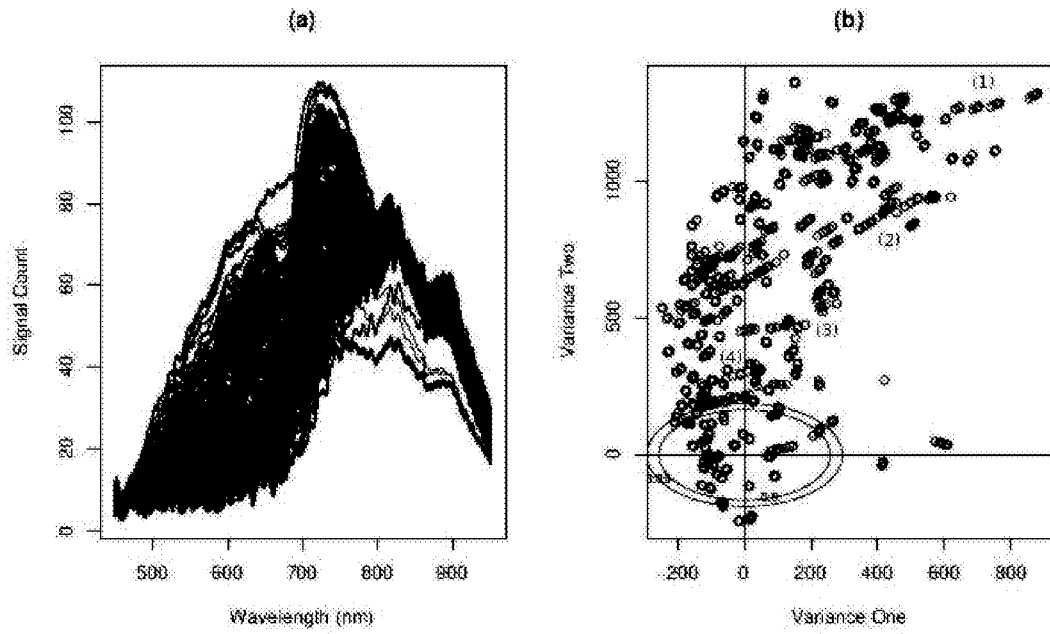


Figura 6

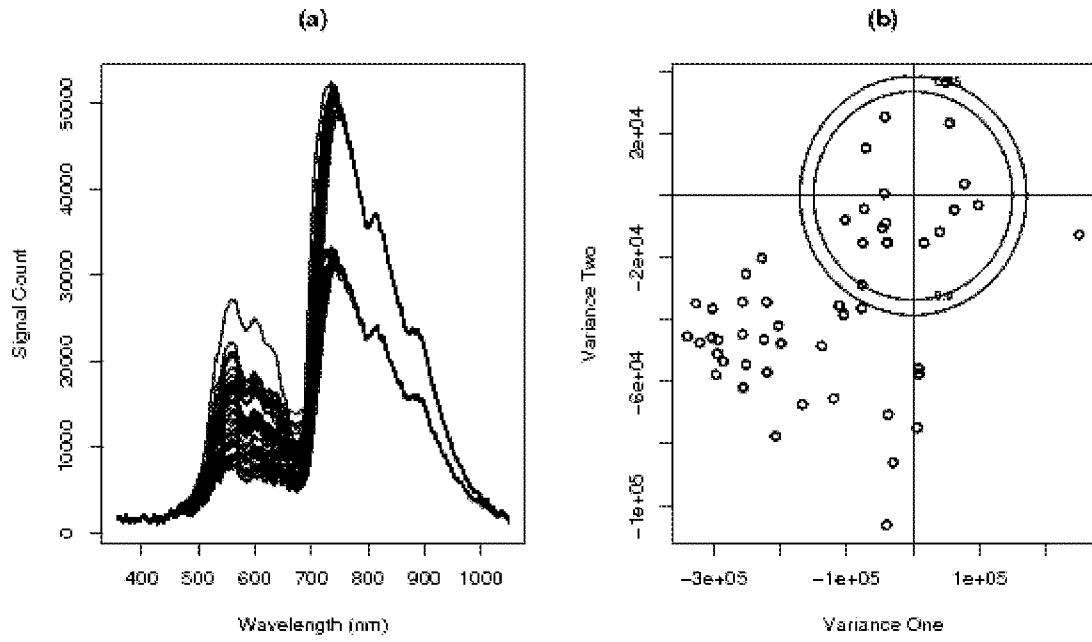


Figura 7