



República Federativa do Brasil
Ministério da Indústria, Comércio Exterior
e Serviços
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) PI 0115054-5 B1

(22) Data do Depósito: 26/10/2001

(45) Data de Concessão: 15/05/2018



(54) Título: MÉTODO PARA ANALISAR UMA AMOSTRA AGRÍCOLA PARA DETERMINAR SE A AMOSTRA AGRÍCOLA APRESENTA UMA CARACTERÍSTICA E SISTEMA PARA USO NA ANÁLISE DE UMA AMOSTRA AGRÍCOLA PARA DETERMINAR SE A AMOSTRA AGRÍCOLA APRESENTA UMA CARACTERÍSTICA

(51) Int.Cl.: G01N 21/35

(30) Prioridade Unionista: 30/10/2000 US 09/698,214

(73) Titular(es): MONSANTO TECHNOLOGY LLC

(72) Inventor(es): STEVEN H. MODIANO; KEVIN L. DEPPERMAN

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para
"MÉTODO PARA ANALISAR UMA AMOSTRA AGRÍCOLA PARA DETERMINAR SE A AMOSTRA AGRÍCOLA APRESENTA UMA CARACTERÍSTICA E SISTEMA PARA USO NA ANALISE DE UMA AMOSTRA AGRÍCOLA PARA DETERMINAR SE A AMOSTRA AGRÍCOLA APRESENTA UMA CARACTERÍSTICA".

CAMPO DA INVENÇÃO

[001] A presente invenção refere-se a um dispositivo e método para analisar produtos agrícolas. Mais particularmente, a presente invenção refere-se a um dispositivo e a um método para análise não destrutiva, em tempo real, das características físicas e químicas de uma ou mais sementes.

ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

[002] A semeadura de produtos agrícolas composicionalmente otimizados pode requerer a análise de um grande número de amostras de sementes de plantas para identificar aquelas plantas com as propriedades composicionais e agronômicas desejadas para uso ou avanço para a geração seguinte. A análise de lotes de sementes de conjunto para certas características, tais como alto teor de óleo ou alto teor de proteína, em uma única planta ou espiga, em conjunto com uma metodologia de semeadura apropriada, tal como seleção recorrente, frequentemente, permitem a seleção e a introdução dessas características em uma população comercial. Embora a análise desses lotes de sementes possa ser realizada por várias técnicas, tipicamente, métodos que são rápidos, de baixo custo e não destrutivos são usados.

[003] Durante a década passada, espectroscopia próxima ao infravermelho (NIR) tem se tornado um método padrão para peneirar amostras de sementes, quando a amostra de interesse é receptiva a essa técnica. As amostras estudadas incluem trigo, milho, soja, cano-

la, arroz, alfafa, aveia e outros (veja, por exemplo, Massie e Norris, "Spectral Reflectance and Transmittance Properties of Grain in the Visible and Near Infrared", Transactions of the ASAE, Winter Meeting of the American Society of Agricultural Engineers, 1965, pp. 598 – 600, que é aqui incorporada através de referência em sua totalidade). A espectroscopia de NIR usa luz quase infravermelha, que está, tipicamente, na faixa de 770 a 2.500 nanômetros, para acessar sobretons e combinações das frequências vibracionais fundamentais dos grupos funcionais orgânicos de O-H, C-H ed N-H. Dispositivos para medir essa luz são conhecidos na técnica. (Veja, por exemplo, Hyvarinen e outro, "Direct Sight Imaging Spectrograph: A Unique Add-on Componente Brings Spectral Imaging to Industrial Applications", SPIE Vol. 3, 302, 1998, "Handbook of Near-Infrared Analysis", Eds. Burns and Ciurczak, Marcel Dekker, Inc., 1992, ambos são aqui incorporados através de referência em sua totalidade).

[004] Tipicamente, o espectro de NIR associado com um lote de sementes é determinado (frequentemente, por exemplo, uma cuveta capaz de manter 100 grãos de sementes é usada). Essa determinação pode ser combinada com análise química convencional de amostras a fim de proporcionar dados adicionais e construir um modelo de calibração quimométrica. Os modelos de calibração quimométrica, frequentemente, são desenvolvidos para características que incluem, mas não estão limitadas aos mesmos: óleo, amido, água, fibra, proteína, amido extraível, clorofila, glucossinolatos e ácido graxo (veja, por exemplo, Archibald e outro. "Development of Short-Wavelength Near-Infrared Spectral Imaging for Grain Color Classification", SPIE Vol. 3, 543, 1998, pp. 189 – 198, Delwiche, "Single Wheat Kernel Analysis by Near-Infrared Transmittance: Protein Content", "Analytical Techniques and Instrumentation", Vol. 72, 1995, pp. 11 – 16, Dowell "Automated Color Classification of Single Wheat Kernels Using Visible and Near-

Infrared Reflectance", Vol. 75(1), 1998, pp. 142 – 144, Orman and Schumann, "Comparison of Near-Infrared Spectroscopy Calibration Methods for the Prediction of Protein, Oil and Starch in Maize Grain", Vol. 39, 1991, pp. 883 – 886, Robutti, "Maize Kernel Hardness Estimation in Breeding by Near-Infrared Transmission Analysis", Vol, 72(6), 1995, pp. 632 – 636, patente norte-americana No. 5.991.025, patente norte-americana No. 5,751.421, Daun e outro, "Comparison of Three Whole Seed Near-Infrared Analyzers for Measuring Quality Components of Câbola Seed", Vol. 71, No. 10, 1994, pp. 1.063 – 1.068, "Corn: Chemistry and Technology", Eds. Watson e Ramstad, American Association of Cereal Chemists, Inc., (1987), todos aqui incorporados através de referência em sua totalidade). O desenvolvimento de um modelo quimométrico pode, então, ser usado para prever as características químicas de amostras não testadas com espectroscopia de NIR, sem requerer análise química convencional adicional.

[005] A análise de NIR de amostras de conjunto, esmagadas ou inteiras, tem sido relatada (veja, por exemplo, Orman e Schumann, "Comparison of Near-Infrared Spectroscopy Calibration Methods for the Prediction of Protein, Oil and Starch in Maize Grain". Vol. 39, 1991, pp. 883 – 886, Robutti, "Maize Kernel Hardness Estimation in Breeding by Near-Infrared Transmission Analysis", Vol, 72(6), 1995, pp. 632 – 636, patente norte-americana No. 5.991.025, patente norte-americana No. 5.751.421, Daun e outro, "Comparison of Three Whole seed Near-Infrared Analyzers for Measuring Quality Components of Câbola Seed". Vol. 71, No. 10, pp. 1.063 – 1.068 todos os quais são aqui incorporados através de referência em sua totalidade). Espectrômetros de NIR comerciais convencionais para análise de grãos em conjunto têm diversas desvantagens. Espectrômetros convencionais foram projetados para uso em um ambiente de laboratório, que está tipicamente distante dos campos de semeadura, sob condições controladas de

temperatura, umidade e vibração. Além disso, os espectrômetros necessitam a manipulação excessiva das amostras. As amostras devem ser colhidas, enviadas para a instalação de semeadura, debulhadas, ensacadas, rotuladas e enviadas para o laboratório de NIR para análise. No laboratório de NIR as amostras devem ser registradas, removidas dos sacos de amostras, derramadas na cuveta de amostras, exploradas com o espectrômetro de NIR, retornadas para o saco de amostras original e enviadas de volta para a instalação de semeadura. Os dados de NIR resultantes devem ser montados em um relatório final, reanalisadas para quaisquer anomalias e enviadas de volta para o semeador, que, então, localiza e classifica as amostras com base nos resultados analíticos de NIR. A manipulação excessiva de amostras adiciona tempo e custo à análise.

[006] As abordagens correntes baseadas em NIR não são só incômodas e dispendiosas, elas são lentas. O tempo de processamento dos dados pode ser crucial porque a seleção de sementes apropriadas será realizada antes do tempo do plantio da geração seguinte. Retardos no fornecimento ao semeador dos resultados analíticos ou o retorno das amostras pode resultar na perda de todo um ciclo de semeadura.

[007] Ainda, a velocidade de aquisição e a análise da tecnologia corrente não podem se manter com a velocidade em que os dispositivos de processamento podem operar. Por exemplo, debulhadores de espigas simples podem processar até 15 espigas de milho por minuto. Os espectrômetros comerciais de NIR correntes operam em uma taxa de cerca uma amostra a cada um a dois minutos. A taxa de processamento do espectrômetro é, tipicamente, a etapa limitadora no processo analítico.

[008] Os espectrômetros convencionais coletam informação de um subconjunto da amostra total, Os espectrômetros comerciais cole-

tam a luz em um único ponto ou em diversos dos pontos com áreas ativas pequenas, o que resulta em apenas uma porção pequena da amostra realmente sendo interrogada pela técnica. Em amostras de conjunto, por exemplo, as técnicas convencionais podem levar a reconhecer a amostragem de porções de apenas umas poucas sementes fora das centenas de sementes na amostra de conjunto. Ainda, uma vez que a amostragem por pontos de amostras de conjunto analisa porções arbitrárias da semente, tecidos diferentes das sementes nas amostras podem ser desvirtuados pelos dados analíticos. Uma vez que qualidades como o teor de óleo, frequentemente, estão presentes em quantidades diferentes, essas técnicas convencionais podem falhar em estimar precisamente a qualidade desejada. Essas limitações se aplicam a espectrômetros com configurações óticas convencionais onde um sistema de lente coleta luz da amostra, bem como àqueles que usam feixes de fibras óticas para coletar a luz da amostra. Além disso, uma vez que pontos de amostragem distintos, não relacionados, são usados, informação espacial associada com amostra é perdida. A informação espacial (que pode ser usada, por exemplo, para determinar a morfologia) consiste, por exemplo, em tamanho, forma, danos mecânicos, infestação por insetos e danos por fungos. Uma vez que os espectrômetros convencionais não coletam informação espacial em absoluto, uma correlação de dados espaciais e espectrais não é possível.

[009] Espectrômetros convencionais também falham em proporcionar um método eficiente para análise simples de sementes, que pode acelerar grandemente a taxa de desenvolvimento variado. A análise simples de sementes é necessária para diferenciar e selecionar sementes presentes dentro de uma população heterogênea de sementes. Populações heterogêneas de sementes são encontradas, frequentemente, na criação de populações. A análise simples de sementes

pode reduzir o número de gerações requeridas para a produção de uma planta com a característica desejada. A seleção de sementes também reduz o número de plantas individuais requeridas. No milho, por exemplo, a capacidade de identificar as sementes individuais com a característica desejada no nível de sementes simples em lugar de no nível total da espiga pode reduzir a exigência de sementeira em 100 vezes. Isso torna possível conduzir um número maior de projetos de semeadura com os mesmos recursos.

[0010] A análise de NIR de sementes simples também tem sido relatada (veja Delwiche, "Single Wheat Kernel Analysis by Near-Infrared Transmittance: Protein Content, Analytical Techniques and Instrumentation", Vol. 72, 1995, pp. 11 – 16, Dowell, "Automated Color Classification of Single Wheat Kernels Using Visible and Near-Infrared Reflectance", Vol. 75(1), 1998, pp. 142 – 144, Dowell e outro, "Automated Single Wheat Kernel Quality Measurement Using Near-Infrared Reflectance", ASAE Annual International Meeting, 1997, número do documento 973022, todos os quais são aqui incorporados através de referência em sua totalidade). Esses métodos, porém, medem a luz de toda a semente para calcular intensidades médias e, portanto, não são capazes de proporcionar informação a cerca de sementes simples além de todas as médias de sementes.

[0011] Outras técnicas analíticas convencionais, tais como a cromatografia de gás, também falham, frequentemente, em proporcionar um método eficiente para análise de semente simples. Por exemplo, o método convencional para análise de sementes simples de canola requer excisão manual de metade de cada semente para análise de ácido graxo por cromatografia de gás, enquanto a outra metade é plantada. Por causa da preparação manual da amostra e da baixa produtividade dessa técnica analítica, apenas um pequeno número de amostras pode ser processado por hora usando esse processo.

[0012] Embora a análise de sementes simples seja desejável, espectrômetros e métodos de amostragem convencionais não permitem o processamento eficiente de sementes simples. As técnicas convencionais requerem introdução manual extensiva, o que limita a taxa de desenvolvimento de plantas com características aperfeiçoadas.

[0013] As técnicas de análise espectrométrica convencionais não permitem a localização de níveis de componentes químicos dentro de diferentes tecidos de sementes. Abordagens convencionais, tais como dissecação manual da semente seguida pela análise química por técnicas analíticas tradicionais não são apenas laboriosas e destrutivas, elas também resultam em resolução pobre dos componentes e quantificação pobre, uma vez que o tamanho da amostra resultante da dissecação de sementes individuais está abaixo do tamanho de amostra em que as técnicas mais tradicionais produzem resultados confiáveis.

[0014] Certos sistemas convencionais de formação de imagem formam a imagem de toda a amostra simultaneamente usando um filtro sintonizável para limitar a luz de uma amostra a um comprimento de onda simples (veja Archibald e outro, "Development of Short-Wavelength Near-Infrared Spectral Imaging for Grain Color Classification", SPIE Vol. 3, 543, 1998, pp. 189 – 198, que é aqui incorporado através de referência em sua totalidade). Esse método tem utilidade limitada porque a iluminação uniforme da amostra é difícil de obter. A iluminação irregular da amostra causa áreas de baixa qualidade da imagem, o que limita a precisão de qualquer informação ganha do sistema. Ainda, o uso de filtros sintonizáveis é consumidor de tempo, que torna significativamente lento o processo analítico.

[0015] Necessários na técnica são os dispositivos e métodos para análise rápida de sementes de conjunto e simples, que podem analisar eficientemente e não destrutivamente as características morfológicas ou químicas de sementes individuais e que podem ser integrados em

uma máquina de processamento agrícola. A presente invenção proporciona esses dispositivos e métodos.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

[0016] A presente invenção proporciona dispositivos e métodos para análise não destrutiva, em tempo real, das características físicas e químicas de uma ou mais sementes. A análise pode ser realizada através da direção de luz em uma amostra, que forma luz transmitida ou refletida. A luz transmitida ou refletida da amostra pode, então, ser dispersa em diferentes comprimentos de onda, que são detectados com uma formação de pontos de dados. Sinais produzidos pela formação de pontos de dados podem ser usados para determinar o valor de qualquer uma das muitas características químicas e morfológicas.

[0017] A presente invenção inclui e proporciona um método para determinação de se uma semente mostra uma característica compreendendo: (A) fornecimento da semente em um dispositivo de amostragem; (B) direção de luz de uma fonte de luz para a semente, assim, formando luz refletida; (C) passagem da luz refletida através de uma espectrografia para formar luz dispersa; (D) recebimento da luz dispersa em um dispositivo de medição de luz compreendendo uma formação de múltiplos pontos de dados; (E) saída de um sinal para cada um dos múltiplos pontos de dados com o dispositivo de medição de luz; e (F) determinação de se a semente mostra a característica baseada nos sinais.

[0018] A presente invenção inclui e proporciona um método para determinação de se uma semente mostra uma característica compreendendo: (A) fornecimento da semente em um dispositivo de amostragem; (B) direção de luz de uma fonte de luz para a semente, assim, formando luz transmitida; (C) passagem da luz transmitida através de uma espectrografia para formar a luz dispersa; (D) recebimento da luz dispersa em um dispositivo de medição de luz compreendendo uma

formação de múltiplos pontos de dados; (E) saída de um sinal para cada um dos múltiplos pontos de dados com o dispositivo de medição de luz; e (F) a determinação de se a semente mostra a característica baseada nos sinais.

[0019] A presente invenção inclui e proporciona um método para determinar se um tecido de planta mostra uma característica compreendendo: (A) fornecimento do tecido de planta em um dispositivo de amostragem; (B) direção de luz de uma fonte de luz para o tecido da planta, assim, formando luz transmitida ou refletida; (C) passagem da luz refletida ou transmitida através de uma espectrografia assim formando luz dispersa; (D) recebimento da luz dispersa em um dispositivo de medição de luz compreendendo uma formação de múltiplos pontos de dados; (E) saída de um sinal para cada um dos múltiplos pontos de dados com o dispositivo de medição de luz; e (F) a determinação de se o tecido de planta mostra a característica baseada nos sinais.

[0020] A presente invenção inclui e proporciona um método para determinação de se uma semente mostra uma característica compreendendo: (A) fornecimento da semente em um dispositivo de amostragem; (B) direção de luz de uma fonte de luz para a semente, assim, formando luz refletida; (C) dispersão da luz refletida através de uma espectrografia para formar a luz dispersa; (D) recebimento da luz dispersa em um dispositivo de medição de luz compreendendo uma formação de múltiplos pontos de dados; (E) saída de um sinal para cada um dos múltiplos pontos de dados com o dispositivo de medição de luz; e (F) a determinação de se a semente mostra a característica baseada nos sinais.

[0021] A presente invenção inclui e proporciona um método para determinação de se uma semente mostra uma característica compreendendo: (A) fornecimento da semente em um dispositivo de amostragem; (B) direção de luz de uma fonte de luz para a semente, assim,

formando luz transmitida; (C) dispersão da luz transmitida para formar a luz dispersa; (D) recebimento da luz dispersa em um dispositivo de medição de luz compreendendo uma formação de múltiplos pontos de dados; (E) saída de um sinal para cada um dos múltiplos pontos de dados com o dispositivo de medição de luz; e (F) a determinação de se a semente mostra a característica baseada nos sinais.

[0022] A presente invenção inclui e proporciona um método para determinação de se uma semente mostra uma característica compreendendo: (A) fornecimento da semente em um dispositivo de amostragem; (B) direção de luz de uma fonte de luz para a semente, assim, formando luz transmitida; (C) passagem da luz transmitida através de uma espectrografia para formar a luz dispersa; (D) recebimento da luz dispersa em um dispositivo de medição de luz compreendendo uma formação de múltiplos pontos de dados; (E) saída de um sinal para cada um dos múltiplos pontos de dados com o dispositivo de medição de luz; e (F) a determinação de se a semente mostra a característica baseada nos sinais.

[0023] A presente invenção inclui e proporciona um método para determinação de se uma semente mostra uma característica compreendendo: (A) fornecimento da semente em um dispositivo de amostragem; (B) direção de luz de uma fonte de luz para a semente, assim, formando luz transmitida; (C) dispersão da luz transmitida para formar a luz dispersa; (D) recebimento da luz dispersa em um dispositivo de medição de luz compreendendo uma formação de múltiplos pontos de dados; (E) saída de um sinal para cada um dos múltiplos pontos de dados com o dispositivo de medição de luz; e (F) a determinação de se a semente mostra a característica baseada nos sinais.

[0024] A presente invenção inclui e proporciona um método para determinação de se uma semente mostra uma característica compreendendo: (A) fornecimento do tecido da planta em um dispositivo de

amostragem; (B) direção de luz de uma fonte de luz para o tecido de planta, assim, formando luz transmitida ou luz refletida; (C) dispersão da luz transmitida ou refletida para formar a luz dispersa; (D) recebimento da luz dispersa em um dispositivo de medição de luz compreendendo uma formação de múltiplos pontos de dados; (E) saída de um sinal para cada um dos múltiplos pontos de dados com o dispositivo; e (F) a determinação de se o tecido de planta mostra a característica baseada nos sinais.

[0025] A presente invenção inclui e proporciona um método para determinação de se um lote de sementes contém sementes que mostram uma característica compreendendo: (A) fornecimento do lote de sementes em um dispositivo de amostragem; (B) direção de luz de uma fonte de luz para o lote de sementes, assim, formando luz refletida; (C) passagem da luz refletida através de uma espectrografia para formar a luz dispersa; (D) recebimento da luz dispersa em um dispositivo de medição de luz compreendendo uma formação de múltiplos pontos de dados; (E) saída de um sinal para cada um dos múltiplos pontos de dados com o dispositivo de medição de luz; e (F) a determinação de se os elementos do lote de sementes mostra a característica baseada nos sinais, em que a determinação compreende a associação dos elementos com os pontos de dados correspondentes.

[0026] A presente invenção inclui e proporciona um método para determinação de se um lote de sementes contém sementes que mostram uma característica compreendendo: (A) fornecimento do lote de sementes em um dispositivo de amostragem; (B) direção de luz de uma fonte de luz para o lote de sementes, assim, formando luz transmitida; (C) passagem da luz transmitida através de uma espectrografia para formar a luz dispersa; (D) recebimento da luz dispersa em um dispositivo de medição de luz compreendendo uma formação de múltiplos pontos de dados; (E) saída de um sinal para cada um dos múlti-

plos pontos de dados com o dispositivo de medição de luz; e (F) a determinação de se os elementos do lote de sementes mostra a característica baseada nos sinais, em que a determinação compreende a associação dos elementos com os pontos de dados correspondentes.

[0027] A presente invenção inclui e proporciona um método para determinação de se um lote de sementes contém sementes que mostram uma característica compreendendo: (A) fornecimento do lote de sementes em um dispositivo de amostragem; (B) direção de luz de uma fonte de luz para o lote de sementes, assim, formando luz refletida e luz transmitida; (C) passagem da luz refletida ou da luz transmitida através de uma espectrografia para formar a luz dispersa; (D) recebimento da luz dispersa em um dispositivo de medição de luz compreendendo uma formação de múltiplos pontos de dados; (E) saída de um sinal para cada um dos múltiplos pontos de dados com o dispositivo de medição de luz; e (F) a determinação de se os elementos do lote de sementes mostram a característica baseada nos sinais, em que a determinação compreende a associação dos elementos com os pontos de dados correspondentes.

[0028] A presente invenção inclui e proporciona um método para determinação de se uma semente mostra características múltiplas compreendendo: (A) fornecimento da semente em um dispositivo de amostragem; (B) direção de luz de uma fonte de luz para a semente, assim, formando luz refletida; (C) passagem da luz refletida através de uma espectrografia para formar a luz dispersa; (D) recebimento da luz dispersa em um dispositivo de medição de luz compreendendo uma formação de múltiplos pontos de dados; (E) saída de um sinal para cada um dos múltiplos pontos de dados com o dispositivo de medição de luz; e (F) a determinação de se a semente mostra cada uma das características baseadas nos sinais.

[0029] A presente invenção inclui e proporciona um método para

determinação de se a semente mostra características múltiplas compreendendo: (A) fornecimento da semente em um dispositivo de amostragem; (B) direção de luz de uma fonte de luz para a semente, assim, formando luz transmitida; (C) passagem da luz transmitida através de uma espectrografia para formar a luz dispersa; (D) recebimento da luz dispersa em um dispositivo de medição de luz compreendendo uma formação de múltiplos pontos de dados; (E) saída de um sinal para cada um dos múltiplos pontos de dados com o dispositivo de medição de luz; e (F) a determinação de se a semente mostra cada uma das características com base nos sinais.

[0030] A presente invenção inclui e proporciona um método para determinação de se uma semente mostra características múltiplas compreendendo: (A) fornecimento da semente em um dispositivo de amostragem; (B) direção de luz de uma fonte de luz para a semente, assim, formando luz refletida e luz transmitida; (C) passagem da luz refletida ou da luz transmitida através de uma espectrografia para formar a luz dispersa; (D) recebimento da luz dispersa em um dispositivo de medição de luz compreendendo uma formação de múltiplos pontos de dados; (E) saída de um sinal para cada um dos múltiplos pontos de dados com o dispositivo de medição de luz; e (F) a determinação de se a semente mostra cada uma das características com base nos sinais.

[0031] A presente invenção inclui e proporciona um método para selecionar uma semente tendo uma característica compreendendo: (A) fornecimento da semente em um dispositivo de amostragem; (B) direção de luz de uma fonte de luz para a semente, assim, formando luz transmitida ou luz refletida; (C) passagem da luz transmitida ou refletida através de uma espectrografia; (D) recebimento da luz transmitida ou da luz refletida em um dispositivo de medição de luz compreendendo uma formação de múltiplos pontos de dados; (E) saída de um sinal

para cada um dos múltiplos pontos de dados com o dispositivo; e (F) a determinação de se a semente mostra a característica com base nos sinais; e (G) seleção da semente tendo a característica baseada nos sinais.

[0032] A presente invenção inclui e proporciona um método de introgressão de uma característica em uma planta compreendendo: (A) fornecimento da semente em um dispositivo de amostragem; (B) direção de luz de uma fonte de luz para a semente e geração de luz transmitida ou refletida; (C) passagem da luz transmitida através de uma espectrografia; (D) recebimento da luz transmitida ou refletida dispersa em um dispositivo de medição de luz compreendendo uma formação de múltiplos pontos de dados; (E) saída de um sinal para cada um dos múltiplos pontos de dados com o dispositivo; e (F) a determinação de se a semente mostra a característica com base nos sinais; (G) seleção da semente tendo característica baseada nos sinais; (H) crescimento de uma planta fértil da semente; e (I) utilização da planta fértil como um pai ou uma mãe em um cruzamento com uma segunda planta.

[0033] A presente invenção inclui e proporciona um método para determinação de se uma semente mostra características múltiplas compreendendo: (A) fornecimento da semente em um dispositivo de amostragem; (B) direção de luz de uma fonte de luz para a semente, assim, formando luz refletida; (C) passagem da luz refletida através de uma espectrografia para formar a luz dispersa, em que uma primeira linha da luz refletida da amostra passa através da espectrografia; (D) recebimento da luz dispersa em um dispositivo de medição de luz compreendendo uma formação de múltiplos pontos de dados; (E) saída de um sinal para cada um dos múltiplos pontos de dados com o dispositivo de medição de luz; e (F) repetição das etapas de (A) a (E) para linhas subsequentes da luz refletida; e (G) determinação de se a

semente mostra a característica com base nos sinais.

[0034] A presente invenção inclui e proporciona um método para determinação de se uma semente mostra características múltiplas compreendendo: (A) fornecimento da semente em um dispositivo de amostragem; (B) direção de luz de uma fonte de luz para a semente, assim, formando luz refletida; (C) passagem da luz refletida através de uma espectrografia para formar a luz dispersa, em que uma ou mais linhas subsequentes da luz refletida da amostra passam através da espectrografia; (D) recebimento da luz dispersa em um dispositivo de medição de luz compreendendo uma formação de múltiplos pontos de dados; (E) saída de um sinal para cada um dos múltiplos pontos de dados com o dispositivo de medição de luz; e (F) repetição das etapas de (A) a (E) para linhas subsequentes da luz refletida; e (G) determinação de se a semente mostra a característica com base nos sinais.

[0035] A presente invenção inclui e proporciona um método para determinação de se uma semente mostra características múltiplas compreendendo: (A) fornecimento da semente em um dispositivo de amostragem; (B) direção de luz de uma fonte de luz para a semente, assim, formando luz transmitida; (C) passagem da luz refletida através de uma espectrografia para formar a luz dispersa, em que uma primeira linha da luz refletida da amostra passa através da espectrografia; (D) recebimento da luz dispersa em um dispositivo de medição de luz compreendendo uma formação de múltiplos pontos de dados; (E) saída de um sinal para cada um dos múltiplos pontos de dados com o dispositivo de medição de luz; e (F) repetição das etapas de (A) a (E) para linhas subsequentes da luz refletida; e (G) determinação de se a semente mostra a característica com base nos sinais.

[0036] A presente invenção inclui e proporciona um método para determinação de se uma semente mostra características múltiplas compreendendo: (A) fornecimento da semente em um dispositivo de

amostragem; (B) direção de luz de uma fonte de luz para a semente, assim, formando luz refletida; (C) passagem da luz refletida através de uma espectrografia para formar a luz dispersa, em que uma ou mais linhas subsequentes da luz refletida da amostra passa através da espectrografia; (D) recebimento da luz dispersa em um dispositivo de medição de luz compreendendo uma formação de múltiplos pontos de dados; (E) saída de um sinal para cada um dos múltiplos pontos de dados com o dispositivo de medição de luz; e (F) repetição das etapas de (A) a (E) para linhas subsequentes da luz refletida; e (G) determinação de se a semente mostra a característica com base nos sinais.

[0037] A presente invenção inclui e proporciona um método para determinação de se uma semente mostra características múltiplas compreendendo: (A) fornecimento da semente em um dispositivo de amostragem; (B) direção de luz de uma fonte de luz para a semente, assim, formando luz refletida e luz transmitida; (C) passagem da luz refletida ou da luz transmitida através de uma espectrografia para formar a luz dispersa, em que uma primeira linha da luz refletida da amostra passa através da espectrografia; (D) recebimento da luz dispersa em um dispositivo de medição de luz compreendendo uma formação de múltiplos pontos de dados; (E) saída de um sinal para cada um dos múltiplos pontos de dados com o dispositivo de medição de luz; e (F) repetição das etapas de (A) a (E) para linhas subsequentes da luz refletida; e (G) determinação de se a semente mostra a característica com base nos sinais.

[0038] A presente invenção inclui e proporciona um método para determinação de se uma semente mostra características múltiplas compreendendo: (A) fornecimento da semente em um dispositivo de amostragem; (B) direção de luz de uma fonte de luz para a semente, assim, formando luz refletida e luz transmitida; (C) passagem da luz refletida ou da luz transmitida através de uma espectrografia para for-

mar a luz dispersa, em que uma ou mais linhas subsequentes da luz refletida da amostra passa através da espectrografia; (D) recebimento da luz dispersa em um dispositivo de medição de luz compreendendo uma formação de múltiplos pontos de dados; (E) saída de um sinal para cada um dos múltiplos pontos de dados com o dispositivo de medição de luz; e (F) repetição das etapas de (A) a (E) para linhas subsequentes da luz refletida; e (G) determinação de se a semente mostra a característica com base nos sinais.

[0039] A presente invenção inclui e proporciona um método para determinação simultânea de se um lote de sementes contém sementes que mostrem uma característica compreendendo: (A) fornecimento de um lote de sementes em um dispositivo de amostragem; (B) direção de luz de uma fonte de luz para o lote de sementes, assim, formando luz refletida; (C) passagem da luz refletida através de uma espectrografia para formar a luz dispersa, em que uma primeira linha da luz refletida da amostra passa através da espectrografia; (D) recebimento da luz dispersa em um dispositivo de medição de luz compreendendo uma formação de múltiplos pontos de dados; (E) saída de um sinal para cada um dos múltiplos pontos de dados com o dispositivo de medição de luz; e (F) determinação de se os elementos do lote de sementes mostram a característica com base nos sinais, em que a determinação compreende a associação dos elementos com os pontos de dados correspondentes.

[0040] A presente invenção inclui e proporciona um método para determinação simultânea de se um lote de sementes contém sementes que mostrem uma característica compreendendo: (A) fornecimento de um lote de sementes em um dispositivo de amostragem; (B) direção de luz de uma fonte de luz para o lote de sementes, assim, formando luz transmitida; (C) passagem da luz transmitida através de uma espectrografia para formar a luz dispersa, em que uma primeira

linha da luz refletida da amostra passa através da espectrografia; (D) recebimento da luz dispersa em um dispositivo de medição de luz compreendendo uma formação de múltiplos pontos de dados; (E) saída de um sinal para cada um dos múltiplos pontos de dados com o dispositivo de medição de luz; e (F) determinação de se os elementos do lote de sementes mostram a característica com base nos sinais, em que a determinação compreende a associação dos elementos com os pontos de dados correspondentes.

[0041] A presente invenção inclui e proporciona um método para determinação simultânea de se um lote de sementes contém sementes que mostrem uma característica compreendendo: (A) fornecimento de um lote de sementes em um dispositivo de amostragem; (B) direção de luz de uma fonte de luz para o lote de sementes, assim, formando luz refletida e luz transmitida; (C) passagem da luz refletida ou da luz transmitida através de uma espectrografia para formar a luz dispersa; (D) recebimento da luz dispersa em um dispositivo de medição de luz compreendendo uma formação de múltiplos pontos de dados; (E) saída de um sinal para cada um dos múltiplos pontos de dados com o dispositivo de medição de luz; e (F) determinação de se os elementos do lote de sementes mostram a característica com base nos sinais, em que a determinação compreende a associação dos elementos com os pontos de dados correspondentes.

[0042] A presente invenção inclui e proporciona um dispositivo para medição de propriedades de produtos agrícolas, compreendendo: um dispositivo de amostragem para produzir uma amostra; um dispositivo de amostragem para proporcionar uma amostra, em que o dispositivo de amostragem é disposto para receber a amostra do dispositivo de processamento; e um sistema ótico para formação de imagem espectroscópica, em que o sistema é disposto para analisar a amostra no dispositivo de amostragem.

[0043] A presente invenção inclui e proporciona um dispositivo para medição de propriedades de produtos agrícolas, compreendendo: um dispositivo de amostragem para proporcionar uma amostra; um sistema ótico para formação de imagem espectroscópica, em que o sistema é disposto para analisar a amostra no dispositivo de amostra; e um dispositivo de classificação para classificar a amostra em dois ou mais grupos diferentes, em que o dispositivo de classificação é disposto para receber a amostra do dispositivo de amostragem.

[0044] A presente invenção inclui e proporciona um dispositivo para medição de propriedades de produtos agrícolas, compreendendo: um dispositivo de processamento para produzir uma amostra, um dispositivo de amostragem para proporcionar uma amostra, em que o dispositivo de amostragem é disposto para receber a amostra do dispositivo de processamento; um sistema ótico para formação de imagem espectroscópica, em que o sistema é disposto para analisar a amostra no dispositivo de amostra; e um dispositivo de classificação para classificar a amostra em dois ou mais grupos diferentes, em que o dispositivo de classificação é disposto para receber a amostra do dispositivo de amostragem.

DESCRIÇÃO DAS FIGURAS

[0045] A figura 1 é um diagrama esquemático de uma modalidade de uma fonte de luz, um dispositivo de amostragem e um dispositivo de medição de luz.

[0046] A figura 1a é um diagrama esquemático de uma modalidade de um dispositivo de medição de luz, onde o dispositivo de medição de luz é um espectrômetro.

[0047] A figura 1b é um diagrama esquemático de uma modalidade de uma fonte de luz.

[0048] A figura 1c é um diagrama esquemático de uma modalidade de um dispositivo de amostragem.

[0049] A figura 2 é um diagrama esquemático de uma modalidade de uma espectrografia de formação de imagem de prisma/ grade/ prisma de eixo reto.

[0050] A figura 3 é um diagrama esquemático de um conjunto de dados.

[0051] A figura 4 é uma imagem de uma amostra de milho.

[0052] A figura 5 é um diagrama esquemático de uma modalidade de um dispositivo automatizado para fornecimento, análise e classificação de amostra de semente de conjunto.

[0053] A figura 6 é uma modalidade de um diagrama em blocos de um sistema de controle eletrônico adequado para uso na prática do dispositivo da figura 5.

[0054] A figura 7 é um exemplo de uma imagem em escala de cinza expandida de uma amostra de milho em conjunto em 1.100 nanômetros.

[0055] A figura 8 é um diagrama esquemático de uma modalidade alternativa da presente invenção na forma de um sistema de formação de imagem espectral de transmitância difusa.

[0056] A figura 9 é um diagrama esquemático de uma modalidade da presente invenção para análise de semente simples.

[0057] A figura 10 mostra uma imagem de uma bandeja de 24 núcleos de milho.

[0058] A figura 11 é um gráfico de refletância versus comprimento de onda para espectros mediados de 96 amostras de conjunto de milho.

[0059] A figura 12 é um gráfico de refletância versus comprimento de onda para quatro dos espectros mediados mostrados na figura 11.

[0060] A figura 13 é um gráfico de variância de validação explicada total (%) versus número de componente de princípio para amostras de conjunto de milho.

[0061] A figura 14 é um gráfico de teor de óleo previsto versus teor de óleo de referência para amostras de conjunto de milho.

[0062] A figura 15 é um gráfico de teor de proteínas previsto versus teor de proteínas de referência para amostras de conjunto de milho.

[0063] A figura 16 é um gráfico de teor de amido previsto versus teor de amido de referência para amostras de conjunto de milho.

[0064] A figura 17 é um gráfico de teor de umidade previsto versus teor de umidade de referência para amostras de conjunto de milho.

[0065] A figura 18 é um sumário de validação cruzada total, de desempenho de 2 modelos do tipo mínimos quadrados parciais (PLS) para óleo, amido, proteína, amido, umidade.

[0066] A figura 19 é um gráfico de refletância versus comprimento de onda para 288 amostras simples de núcleo de milho.

[0067] A figura 20 é um gráfico de refletância versus comprimento de onda para 6 amostras simples de núcleo de milho representativas das amostras mostradas na figura 19.

[0068] A figura 21 é um gráfico de variância de validação explicada total (%) versus número de componente de princípio, para núcleo de milho simples.

[0069] A figura 22 é um gráfico de percentagem de óleo prevista versus percentagem de óleo de referência para 265 amostras simples de núcleo.

DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

MÉTODOS ANALÍTICOS

[0070] A presente invenção proporciona métodos analíticos para análise de sementes tendo uma característica desejada. Em um aspecto da invenção, os métodos analíticos permitem que porções distintas ou atributos de uma semente simples sejam analisados. Além disso, em outro aspecto da presente invenção, os métodos analíticos

permitem que sementes individuais sejam analisadas que estão presentes em um lote ou uma amostra de conjunto de modo que uma distribuição de uma característica pode ser determinada.

[0071] Em uma modalidade, a presente invenção proporciona um método para determinação de se uma semente mostra uma característica, compreendendo: (A) fornecimento da semente em um dispositivo de amostragem; (B) direção de luz de uma fonte de luz para a semente, assim, formando luz refletida; (C) passagem da luz refletida através de uma espectrografia para formar luz dispersa; (D) recebimento da luz dispersa em um dispositivo de medição de luz compreendendo uma formação de múltiplos pontos de dados; (E) saída de um sinal para cada um dos múltiplos pontos de dados com o dispositivo de medição de luz; e (F) determinação de se a semente mostra a característica baseada nos sinais.

[0072] Em outra modalidade, a presente invenção proporciona um método para determinação de se uma semente mostra uma característica, compreendendo: (A) fornecimento da semente em um dispositivo de amostragem; (B) direção de luz de uma fonte de luz para a semente, assim, formando luz transmitida; (C) passagem da luz transmitida através de uma espectrografia para formar luz dispersa; (D) recebimento da luz dispersa em um dispositivo de medição de luz compreendendo uma formação de múltiplos pontos de dados; (E) saída de um sinal para cada um dos múltiplos pontos de dados com o dispositivo de medição de luz; e (F) determinação de se a semente mostra a característica baseada nos sinais.

[0073] Os métodos da presente invenção podem ser usados para detectar qualquer característica que possa ser medida por NIR. Em uma modalidade preferida, a característica é uma característica bioquímica. Como aqui usada, uma característica bioquímica é qualquer característica que afete a composição química da amostra agrícola.

Em uma modalidade preferida, a característica bioquímica é selecionada do grupo que consiste em teor de óleo, teor de proteína, teor de carboidratos, teor de amido, teor de fibras e teor de água. Como aqui usado, teor se refere à quantidade de um componente, por exemplo, 5 miligramas (mg) por semente de proteína ou 5 mg de proteína por 10 gramas de peso seco de tecido. Em outra modalidade preferida, a característica bioquímica é selecionada do grupo que consiste em composição de óleo, composição de proteína, composição de carboidratos e composição de fibras. Como aqui usado, composição se refere aos constituintes bioquímicos de uma amostra agrícola, por exemplo, a proporção de proteínas de alto peso molecular para proteínas de baixo peso molecular ou a proporção de óleos saturados para óleos não saturados.

[0074] Por exemplo, em uma modalidade, os métodos da presente invenção são usados para diferenciar amostras de amido com fenótipos desejáveis. Amido de milho normal dente ou duro é composto de cerca de 73% de amilopectina (a fração de amido com moléculas ramificadas) e 27% de amilose (a fração com moléculas lineares). Milho manteiga (tendo o gene de wx) foi encontrado primeiro na China, mas mutações do manteiga também têm sido encontradas em cepas americanas de dente. O amido desse mutante tem 100% de amilopectina. O propagador de amilose (ae) do mutante de endosperma aumenta a fração de amilose de amido para 50% e acima. O miolo desse milho é caracterizado por uma aparência embaçada, translúcida e parcialmente retinta. Diversos outros genes de mutantes, sozinhos ou em combinação, afetam a composição do amido através de mudança da proporção de amilose - amilopectina. O gel de amido opaco firme característico produzido pelo milho comum é atribuído à fração de amilose. As propriedades do amido de milho manteiga são o resultado dos sóis de amilopectina produzidos tendo uma forma de pasta translúcida macia

característica. Essas diferenças nas características do gel de amido nativo continuam através dos processos de modificação do amido e são desejáveis em certas aplicações. Os métodos da presente invenção podem discernir prontamente os diferentes tipos de mutantes e podem ser usados como uma técnica de peneiramento não destrutivo, de alta produtividade para eles.

[0075] Em outra modalidade, por exemplo, os métodos da presente invenção são usados para identificar amostras tendo características de endosperma desejadas. Por exemplo, diversos mutantes de endospermas que alteram o equilíbrio de aminoácidos têm sido identificados. Tem sido mostrado que as linhagens de mutantes opaco-2 (o2), farinha-2 (fl2) e opaco-7 (o7) têm zeínas reduzidas (a proteína no milho que carece de aminoácidos essenciais, tais como lisina e triptofano) no endosperma e lisina aumentada. Os miolos de sementes com gene opaco-2 são caracterizados por uma aparência mole, branca como giz, não-transparente, com o endosperma, vítreo duro muito pequeno. Os métodos da presente invenção podem discernir prontamente os diferentes tipos de mutantes e níveis de lisina e, portanto, podem ser usados como uma técnica de peneiramento não destrutivo, de alta produtividade, para essa característica.

[0076] Em outra modalidade, a característica é uma característica morfológica. Como aqui usado, uma característica morfológica é qualquer característica estrutural. Características morfológicas preferidas são o tamanho do endosperma, tamanho do germe, forma da semente, tamanho da semente, cor da semente, textura da superfície da semente, peso da semente, densidade da semente e integridade da semente. A integridade da semente pode estar correlacionada com a resistência ou a suscetibilidade às doenças. A presença de furos dentro de um revestimento de semente, frequentemente, é indicativa de infecção por insetos.

[0077] A correlação de um estado doentio com uma mudança estrutural como furos pode ser estabelecida contestando amostras da semente a serem testadas com o organismo. Como aqui usado, uma "amostra" refere-se a qualquer material de planta que esteja sendo interrogado por um método da presente invenção. Uma mostra pode ser, por exemplo, uma fração de uma semente, uma semente inteira, mais de uma semente e outros tecidos da planta, entre outros. Os controles podem incluir sementes conhecidas por serem suscetíveis e resistentes. A correlação da doença com uma mudança estrutural particular pode ser estabelecida por uma análise estatística apropriada. É compreendido que os controles não precisam ser confrontados com uma semente ou lote de sementes em particular uma vez que uma correlação tenha sido estabelecida.

[0078] Danos aos miolos de sementes causados durante a colheita, a secagem, levantamento e movimentação do grão através de canais comerciais podem ser determinados com os métodos da presente invenção. O uso de técnicas agrícolas modernas, tais como o uso de ceifadeiras com coletor - debulhador no campo, tem levado a um teor de umidade do miolo da semente muito maior em amostras do que se fosse permitido que as amostras secassem na espiga. O alto teor de umidade requer o uso de secagem artificial em temperaturas acima de 80°C, o que pode levar a fraturas por tensão e a rompimento do miolo da semente. Indicadores do movimento do miolo da semente podem incluir, mas não estão limitados aos mesmos, a proporção de endosperma, vítreo para não-vítreo, densidade do miolo, peso médio do miolo da semente, quantidade e qualidade de pericarpo e tamanho e forma do miolo. Os métodos da presente invenção podem ser usados na identificação de um rompimento ou de suscetibilidade ao rompimento e na identificação de características químicas ou físicas que podem minimizar esses problemas.

[0079] Qualquer semente pode ser utilizada em um método ou dispositivo da presente invenção. Em uma modalidade preferida, a semente é selecionada do grupo que consiste em sementes de alfafa, semente de maçã, semente de banana, semente de cevada, semente de feijão, semente de brócolis, semente de mamona, semente de cítricos, semente de trevo, semente de coco, semente de café, semente de milho, semente de algodão, semente de pepino, semente de Douglásia conífera norte-americana, semente de eucalipto, semente de pinheiro amarelo do sul, semente de linhaça, semente de melão, semente de aveia, semente de oliva, semente de palma, semente de ervilha, semente de amendoim, semente de pimentão, semente de álamo, semente de pinheiro Radiata, semente de colza, semente de arroz, semente de centeio, semente de sorgo, semente de pinheiro meridional, semente de soja, semente de morango, semente de beterraba, semente de cana-de-açúcar, semente de girassol, semente de liquidâmbar, semente de chá, semente de tabaco, semente de tomate, relva, semente de trigo e semente de *Arabidopsis thaliana*. Em uma modalidade mais preferida, a semente selecionada do grupo que consiste em semente de algodão, semente de milho, semente de soja, semente de colza, semente de arroz e semente de trigo. Em uma modalidade mais preferida, a semente é uma semente de milho.

[0080] Qualquer dispositivo de amostra pode ser usado se aquele dispositivo de amostragem puder ser útil como a fonte de luz. Os dispositivos de amostragem incluem, mas não estão limitados aos mesmos, dispositivos tais como recipientes com pelo menos uma superfície através da qual luz na faixa de comprimento de onda desejada pode passar, bem como dispositivos de amostragem compreendendo uma superfície geralmente horizontal (com ou sem paredes laterais) em que a amostra de semente pode ser carregada para análise. Os dispositivos de amostragem de recipientes incluem, mas não estão

limitados aos mesmos, recipientes transparentes e translúcidos e recipientes opacos tendo pelo menos uma superfície transparente ou translúcida. Dispositivos de amostragem de recipientes também incluem, mas não estão limitados aos mesmos, dispositivos de amostragem usados convencionalmente com os espectrômetros, tais como copos de amostra, suportes de amostra com 2 cm e 2,5 cm de comprimento, células de amostra, suportes de amostra e cuvetas. Os dispositivos de amostragem compreendendo uma superfície geralmente horizontal incluem, mas não estão limitados aos mesmos, qualquer material em que as amostras de sementes possam ser colocadas para análise, incluindo materiais compreendendo material opaco para análise de refletância e materiais compreendendo material translúcido ou transparente para análise de transmissão. Em uma modalidade preferida, o dispositivo de amostragem é uma cuveta transparente. Em outra modalidade preferida, o dispositivo de amostragem é qualquer material preto plano em que a semente de amostra possa ser carregada para análise de refletância.

[0081] Qualquer fonte de luz pode ser usada que possa proporcionar a iluminação de banda larga para a faixa de comprimentos de onda usados para qualquer amostra particular estudada e dispositivo de medição de luz usado. Fontes de luz particularmente preferidas são aquelas que podem proporcionar luz por toda a faixa espectral de resposta para o dispositivo de medição de luz usado. Exemplos dessas fontes de luz incluem, mas não estão limitados às mesmas, halogênio, tungstênio halogênio, halogênio de filamento longo, xenônio, lampejo de xenônio, fluorescente, neon e mercúrio. Em uma modalidade preferida, uma iluminação de tungstênio halogênio, tal como uma lâmpada de AS220 de CVI Laser Inc. (CVI Laser Corp., 200 Dorado Pl. SE, Caixa Postal 11308, Albuquerque, NM 87192) proporcionando luz através pelo menos da faixa de 700 a 1.800 nanômetros é usada. Em

outra modalidade, uma fonte de luz produzindo luz pelo menos através da faixa de 350 a 750 nanômetros é usada. Essa fonte de luz pode ser qualquer fonte de luz mencionada acima, incluindo halogênio, tungstênio halogênio, halogênio de filamento longo, xenônio, lampejo de xenônio, fluorescente, neon e mercúrio.

[0082] A fonte de luz pode ser dirigida para uma amostra a fim de formar luz refletida e luz transmitida. A luz refletida é qualquer luz que bata e seja emitida da amostra mas que não passe através da amostra. Para medir luz refletida, o dispositivo de medição de luz pode ser orientado em qualquer ângulo em relação à amostra no que se refere à fonte de luz. Em uma modalidade preferida usando luz refletida, o dispositivo de medição de luz é orientado em um ângulo de menos do que 180 graus em relação à fonte de luz. Por exemplo, para um dispositivo de amostragem posicionado horizontalmente, a fonte de luz pode ser posicionada em um ângulo de 20 graus a partir de uma linha imaginária perpendicular ao plano do dispositivo de amostragem com a interseção da linha e da amostra como o vértice e um dispositivo de medição de luz pode ser posicionado em um ângulo de 20 graus a partir da linha imaginária oposta à fonte de luz e 40 graus a partir da fonte de luz com o mesmo vértice. Nessa orientação, luz da fonte de luz será refletida da amostra para o dispositivo de medição de luz.

[0083] Luz transmitida é a luz que passa através da amostra e é emitida da amostra no lado oposto à fonte de luz. Em uma modalidade preferida, a fonte de luz e o dispositivo de medição de luz são posicionados em lados opostos da amostra e todos três são posicionados colinearmente. Por exemplo, um dispositivo de amostragem de cuveta tendo paredes transparentes opostas entre as quais é disposta a amostra de conjunto pode ser posicionado entre uma fonte de luz e o dispositivo de medição de luz. A luz da fonte de luz bate na amostra e uma parte da luz é transmitida através da amostra para o outro lado da

cuveta onde é emitida para o dispositivo de medição de luz.

[0084] Como aqui usado, "formação de luz refletida ou transmitida" significa direção da luz de uma fonte de luz para uma amostra de modo que luz refletida e/ou luz transmitida seja, desse modo, gerada.

[0085] Luz refletida ou luz transmitida, ou ambas, podem ser passadas através de uma espectrografia. Uma espectrografia, como aqui usado, significa um dispositivo tendo componentes óticos que são capazes de receber luz de comprimentos de onda mistos, dispersar luz de comprimentos de onda mistos em seus comprimentos de onda de componentes e emitir os comprimentos de ondas dispersos. Em uma modalidade preferida, uma espectrografia compreende uma fenda de entrada para receber luz e um prisma – grade – prisma para dispersar a luz. Em outra modalidade, a espectrografia é uma espectrografia de grade refletora tendo uma grade holográfica ou uma grade de ranhura fixa. Como aqui usado, luz "dispersa" é a luz que foi convertida de luz de comprimentos de onda mistos em luz com os comprimentos de onda de componentes separados. "Dispersão" de luz refletida ou transmitida, como aqui usado, significa separar luz de comprimentos de onda mistos em luz com os componentes comprimentos de onda separados. "Passagem" da luz refletida ou da luz transmitida através de uma espectrografia, como aqui usado, significa receber a luz refletida ou transmitida em uma abertura de entrada tal como uma fenda, de modo que a luz se desloca através da ótica da espectrografia é dispersa e é emitida de uma abertura de saída. Em uma modalidade preferida, a fenda de entrada é posicionada de modo a receber luz da amostra e um dispositivo de medição de luz é afixado à abertura de saída.

[0086] A faixa de comprimentos de onda emitidos pela espectrografia pode ser qualquer faixa que seja ampla o bastante para permitir a análise da amostra. Em uma modalidade preferida, a espectrografia é capaz de emitir luz dispersa tendo comprimentos de onda na faixa

de 500 a 2.000 nanômetros, mais preferivelmente, 700 a 1.800 nanômetros e mesmo mais preferivelmente 900 a 1.700 nanômetros. Em outra modalidade preferida, a espectrografia é capaz de emitir luz dispersa tendo comprimentos de onda na faixa de 100 a 1.000 nanômetros. A espectrografia, de preferência, tem uma dispersão espectral de pelo menos 50 nanômetros por milímetro (nm/mm), mais preferivelmente, 100, 125 e 150 nm/mm. A espectrografia, de preferência, tem pelo menos 100 nm de resolução espectral, mais preferivelmente, 50 nm e mesmo mais preferivelmente uma resolução espectral de 40, 30 20 nm. Em uma modalidade preferida, a espectrografia tem uma faixa espectral de 900 a 1.700 nm, uma dispersão espectral de pelo menos 150 nm/mm e pelo menos uma resolução espectral de 20 nm.

[0087] A saída da espectrografia pode ser recebida em um dispositivo de medição de luz capaz de receber luz da espectrografia em múltiplos pontos de dados. Como aqui usado "ponto de dados" significa uma área distinta, como uma formação de plano focal, em que a luz pode ser recebida e medida, independentemente. Esses pontos de dados podem ser dispostos, por exemplo, em múltiplas dimensões. Em uma modalidade preferida, os múltiplos pontos de dados são dispostos em uma formação bidimensional. Uma formação de múltiplos pontos de dados pode compreender pixels, com cada pixel correspondendo a um ponto de dado e sendo capaz de, independentemente, receber luz e emitir um sinal. Em uma modalidade preferida, o número de pontos de dados é maior do que 100, mais preferivelmente 500, mesmo mais preferivelmente 1.000, 5.000, 10.000, 75.000 ou 100.000. Em uma modalidade preferida, o número de pixels é maior do que 1.000, mais preferivelmente, 5.000, mesmo mais preferivelmente, 10.000, 75.000 ou 100.000. Exemplos de formações disponíveis para medir múltiplos pontos de dados incluem, mas não estão limitados aos mesmos, dispositivos de medição de luz, tais como câmeras, tendo

formações para criação de imagens. O dispositivo de medição de luz, de preferência, tem um passo de menos de 100 microns e, mais preferivelmente, tem um passo de menos de 50, 40, 30 ou 20 microns e uma taxa de quadro acima de 5 quadros por segundo e, mais preferivelmente, mais de 10, 15, 20 e 25 quadros por segundo. Em uma modalidade preferida, um dispositivo de medição de luz tem um plano focal de mais de 75.000 pixels, um passo de menos de 20 microns e uma taxa de quadro acima de 25 quadros por segundo.

[0088] Em uma modalidade preferida, o dispositivo de medição de luz é uma câmera de Antimoneto de índio (InAs), Telurieto de mercúrio cádmio (MCT), Siliciureto de platina (PtSi), Silício dopado com arsênico (Si:As), Arseniureto de índio gálio ou CCD. Em uma modalidade preferida, o dispositivo de medição de luz é uma câmera de Arseniureto de índio gálio e mesmo mais preferido uma câmera de SU320-1.7RT-D/RS170 de Sensors Unlimited Inc. (Sensors Unlimited Inc., 3490 US Rte 1, Building 12, Princeton, NJ, 08540), que é capaz de receber luz em 76.800 pixels.

[0089] Os pontos de dados são capazes de emitir um sinal. Como aqui usado, "emitir um sinal" significa a produção de qualquer forma de sinal que possa ser usada para direta ou indiretamente medir a intensidade da luz em um ou mais pontos de dados. Por exemplo, o sinal pode ser produzido através de conversão da energia luminosa em impulsos elétricos, ou de outro modo.

[0090] Saídas particulares podem ser correlacionadas com uma característica. Com base nessa correlação, se uma semente mostra uma característica pode ser determinado. Em uma modalidade preferida, informação conhecida foi reunida apesar de métodos convencionais e correlacionados com as medições. Por exemplo, uma semente pode ser analisada com o método da presente invenção, a fim de produzir um conjunto conhecido de medições. A concentração real de

componentes químicos pode, então, ser medida com técnica quimométrica convencionais e os valores resultantes podem estar associados com as medições produzidas com a presente invenção. O processo é repetido para sementes com composição química variável, assim, criando um conjunto de associações. Quando uma semente desconhecida é, então, analisada com o método da presente invenção, as medições produzidas pelos pontos de dados podem ser comparadas com o conjunto conhecido de associações para prever a composição da semente e a composição prevista da semente pode ser comparada com um limite predefinido a fim de determinar se a semente mostra a característica. Conforme aqui usado, "mostrar uma característica" significa que as medições a partir da formação de pontos de dados estão acima de um valor mínimo, abaixo de um valor máximo ou dentro de uma faixa, qualquer um dos quais pode ser predefinido. Os valores podem corresponder a medições de qualquer comprimento de onda ou qualquer combinação de comprimentos de onda.

[0091] Para qualquer dada característica, as medições de um ou mais comprimentos de ondas de luz podem ser usadas para determinar se uma semente mostra uma característica. Uma vez que a espectrografia dispersará luz nos pontos de dados em um padrão conhecido, os pontos de dados podem estar associados com os comprimentos de ondas e medições a partir daqueles pontos de dados podem igualmente estar associadas com os comprimentos de ondas.

[0092] Em uma modalidade preferida, a determinação de se uma semente mostra uma característica conta com múltiplos comprimentos de ondas. Essa determinação multivariada pode compreender até o conjunto total de comprimentos de ondas que entram em um dispositivo de medição de luz. Nessa modalidade, luz na faixa de comprimentos de ondas de 800 a 2600 nanômetros pode ser usada, mais preferível, 800 a 2200 nanômetros. Quando uma semente é examinada com

comprimentos de ondas múltiplas, esses comprimentos de ondas formarão um perfil. Um perfil é o conjunto combinado de sinais para uma semente, qualquer porção de uma semente ou mais de uma semente. Por exemplo, em uma análise de semente simples, os sinais dos pontos de dados representando uma semente total podem ser combinados em um perfil. Os pontos de dados associados com uma porção da semente, por exemplo, o endosperma, podem ser combinados para formar um perfil para o endosperma. Para uma amostra de conjunto, em uma modalidade, os sinais de pontos de dados podem ter a média determinada ou de outro modo ser combinados para formar um perfil para amostra total. Em uma modalidade preferida, os perfis podem estar correlacionados com uma característica particular.

[0093] Em outra modalidade preferida, a determinação de se uma semente mostra uma característica usa um ou diversos comprimentos de ondas distintos associados com a presença de uma característica particular. A tabela abaixo relaciona diversos comprimentos de onda que podem estar associados com características particulares e podem ser usados para prever as características correlacionadas.

Característica	Comprimento de onda, em nanômetros
Lenhose	2.270
Óleo	2.310, 1.274, 1.284, 1.318, 1.410, 1.150, 1.772, 1.790, 2.136, 2.245, 2.250
Celulose	2.336
Proteína	2.180, 1.460-1.530, 1.680, 1.709, 2.083, 2.139, 2.180, 2.190, 1.282, 2.110, 2.388, 2.442, 1.460, 1.760, 1.574, 1.610, 1.786, 1.818, 2.084, 2.100, 2.164, 2.254, 1.018
Carboidrato	2.100, 1.450, 1.540, 920, 1.000
Umidade	1.940, 97, 958
Fibra ácida detergente	1.666, 1.492, 1.854, 1.558, 1.898, 2.148, 2.210, 2.250, 1.458

- continuação da tabela -

Característica	Comprimento de onda, em nanômetros
Fibra neutra detergente	2.294, 2.072, 1.902, 2.204, 1.850, 1.586
Amido hidratado	1.000
Infestação por insetos	1.000-1.350, 1.500-1.680
Forma ou ruptura	1.104, 1.300
Germe	2.180, 1.460-1.530, 1.680, 1.709, 2.083, 2.139, 2.180, 2.190, 1.282, 2.110, 2.388, 2.442, 1.460, 1.760, 1.574, 1.610, 1.786, 1.818, 2.084, 2.100, 2.164, 2.254, 1.018, 2.310, 1.274, 1.284, 1.318, 1.410, 1.510, 1.772, 1.790, 2.136, 2.245, 2.250
Endosperma	2.100, 1.450, 1.540, 920, 1.000, 1.940, 970, 958

[0094] Outros tecidos de plantas ou amostras agrícolas podem ser substitutos para sementes. Conforme aqui usado, tecidos de plantas incluem, mas não estão limitados às mesmas, qualquer parte da planta, tal como folha, flor, raízes pétalas. Conforme aqui usado, amostras agrícolas incluem, mas não estão limitadas aos mesmos, tecidos de plantas tais como sementes, mas também inclui material baseado em não plantas como matéria não-orgânica ou matéria baseada em não planta que ocorrem em um contexto agrícola. Amostras de fungos são um exemplo de uma amostra agrícola.

[0095] Sementes individuais ou lotes de sementes podem ser utilizados com os métodos e dispositivos da presente invenção. Um lote de sementes é qualquer número de sementes maior do que um. Conforme aqui usado, um "elemento" de um lote é qualquer semente simples dentro do lote. O lote de sementes pode ser definido por número. Em uma modalidade preferida, um lote de sementes é maior do que 10 sementes, mais preferivelmente, maior do que 20, 50, 500, 1000 ou 10.000 sementes. Em outra modalidade, o lote das sementes pode ser

classificado por sua origem, tais como sementes que são derivadas de uma espiga única, uma planta simples ou cruzamento de plantas simples.

[0096] As sementes individuais em um lote podem ser analisadas simultaneamente com um método da presente invenção. Conforme aqui usado, "simultaneamente" significa qualquer conjunto de dados que deriva de uma análise simples. Uma análise simples pode ser uma varredura de linha única de uma amostra ou varreduras de linhas múltiplas de uma amostra. Por exemplo, uma análise de uma linha única de amostra de conjunto por linha constitui de uma análise simples. Essa análise simultânea pode ser a análise simultânea de um lote de sementes para uma ou mais características. Essa análise simultânea também pode ser a análise simultânea de uma semente para características múltiplas. Em uma modalidade preferida, mais de uma característica pode ser analisada simultaneamente. Em uma modalidade mais preferida, mais de 3, 4, 5 ou 6 características podem ser analisadas simultaneamente. Em uma modalidade ainda mais preferida, entre 5 e 10 ou entre 10 e 20 características podem ser analisadas simultaneamente.

[0097] Em uma modalidade, as sementes de uma fonte única são proporcionadas juntas no dispositivo de amostragem. Em uma modalidade, a fonte única pode ser qualquer fonte que proporcione sementes tendo uma base genética comum, tal como uma espiga de milho, uma planta simples ou o produto de um cruzamento simples. Usando esse método, as sementes do lote são proporcionadas como um grupo fornecido aleatoriamente no dispositivo de amostragem. Como aqui usado, "proporcionar aleatoriamente" um lote de sementes em um dispositivo de amostragem significa dispor as sementes no dispositivo de amostragem sem considerar a orientação ou a separação da semente em um momento posterior. Por exemplo, um lote de 100 sementes que

é derramado em uma cuveta grande simples para análise é dito ser "proporcionado aleatoriamente".

[0098] Após os sinais serem emitidos, programas de software tais como programas de detecção de bordas, por exemplo, Matlab versão 5.3 com Caixa de Ferramentas para Processamento de Imagem, de Mathworks Inc., 24 Prime Park Way, Natick, Massachusetts 01760) e ENVI versão 3.2, de Research Systems Inc. (Research Systems, Inc., 4990 Pearl East Circle, Boulder, CO 80301), podem então ser usados para analisar os sinais emitidos pelos pontos de dados para determinar os pontos de dados que correspondem às sementes individuais. Esses pontos de dados podem, então, ser associados com aquelas sementes individuais. Como aqui usado, "associar" elementos com "pontos de dados correspondentes" significa atribuir as medições de um grupo de pontos de dados contíguos como atribuíveis a um elemento do lote para fins de determinação de se uma característica está presente.

[0099] Em outra modalidade, sementes em um lote são proporcionadas em um dispositivo de amostragem que é capaz de manter cada semente em seu próprio compartimento individual. Um "compartimento individual", conforme aqui usado, pode ser qualquer coisa que possa posicionar cada semente de modo que a semente possa estar associada com medições de pontos de dados depois da análise. Em uma modalidade, o dispositivo de amostragem compreende uma superfície plana e é disposto horizontalmente e os compartimentos individuais são porções designadas da superfície plana. Em outra modalidade, o dispositivo de amostragem compreende compartimentos individuais tendo um piso e quatro paredes dispostas em um padrão quadrado em que sementes individuais podem ser proporcionadas. Ainda em outra modalidade, o dispositivo de amostragem é uma superfície plana em que são posicionados removivelmente compartimentos individuais ten-

do apenas quatro paredes. Nessa modalidade, a superfície plana ou os compartimentos individuais podem ser removidos para permitir a classificação das sementes.

[00100] Em qualquer uma das modalidades acima para análise de lotes, o tempo para realizar o método para todo o lote pode ser menos do que 30 segundos, de preferência menos do que 10 segundos e mais preferivelmente menos do que cerca de 5 segundos. Esse tempo de amostragem reduzido aperfeiçoa a produtividade das amostras em relação à técnica anterior e permite maior peneiramento das amostras da colheita dentro de um ciclo de semeadura.

[00101] Ainda, em qualquer uma das modalidades de análises de semente simples e de lotes dadas acima, a semente pode ser analisada para mais de uma característica de uma vez. Por exemplo, características correspondentes a diferentes comprimentos de ondas ou faixas de comprimentos de ondas e características que têm um efeito cumulativo dentro da mesma faixa podem ser investigadas simultaneamente. Também, diferentes tecidos de uma semente individual podem ser analisados separadamente. Usando modelagem espectral para diferenciar entre os dois tecidos, regiões de pontos de dados contíguos podem ser associadas com qualquer porção de uma semente ou tecido de planta, tal como, por exemplo, o germe e o endosperma. Os dados espectrais para as diferentes porções podem, então, ser usados para analisar diferencialmente os diferentes tecidos da semente.

[00102] Para qualquer uma das modalidades relacionadas acima, a amostra pode ter sua imagem formada com a espectrografia e o dispositivo de medição de luz linha por linha. Em uma modalidade preferida, a fonte de luz compreende uma lente cilíndrica que focaliza a luz em um feixe fino através da largura da amostra. A espectrografia tem uma fenda de entrada que está alinhada com a linha de luz na amos-

tra, assim, maximizando a quantidade de luz refletida ou transmitida que entra na espectrografia. Conforme aqui usado, uma "linha" de luz é luz refletida ou transmitida que é passada através da espectrografia e que corresponde a uma região física na amostra de uma forma especificada. Em uma modalidade preferida, a forma especificada é um segmento ou forma retangular fina. Uma amostra portanto, é dita compreender uma multiplicidade de linhas contíguas que, quando colocadas em sua ordem correta, juntas compõem a amostra. Conforme aqui usado, a "primeira linha" é a linha que é analisada pelo método antes de todas as outras linhas na amostra. Em uma modalidade preferida, a primeira linha é uma linha em uma extremidade do dispositivo de amostragem. A extremidade do dispositivo de amostragem pode ser qualquer lado ou borda. Por exemplo, a extremidade do dispositivo de amostragem com uma face de forma quadrada pode ser qualquer uma das quatro bordas da face. Um método da presente invenção pode ser realizado usando uma linha simples ou qualquer combinação de linhas até o complemento total de linhas para amostra. À medida que mais linhas são analisadas, uma parte maior da amostra é interrogada. Em uma modalidade, uma linha única é analisada. Em outra modalidade, diversas linhas não adjacentes são analisadas. Em uma outra modalidade, todas as linhas da amostra são analisadas a partir de uma extremidade da amostra para outra, começando com a primeira linha e prosseguindo com as linhas subsequentes até que a última linha seja alcançada. Conforme aqui usado, uma "linha subsequente" é a linha não analisada adjacente à linha que já foi analisada. A "última linha" é a linha final analisada.

[00103] A fim de analisar linhas subsequentes após a primeira linha, uma amostra pode ser movida pela espessura de uma linha a fim de alinhar cada linha subsequente em relação à fonte de luz e à espectrografia. Esse movimento relativo pode ser realizado através da mo-

vimentação do dispositivo de amostragem ou da fonte de luz e da espectrografia. Em uma modalidade preferida, dispositivo de amostragem é montado em um estágio translacional linear que é capaz de ser movido em incrementos equivalentes à largura de uma linha ou em uma velocidade constante. Em outra modalidade preferida, o estágio é movido em uma velocidade constante e o dispositivo de medição de luz é controlado de modo a capturar uma imagem no tempo exato quando cada linha subsequente, sem sobreposição, é alinhada com a fenda. Através da análise da primeira linha e de cada linha subsequente, toda uma amostra pode ser analisada.

[00104] Métodos e dispositivos da presente invenção podem ser usados em um programa de semeadura para selecionar plantas ou sementes tendo uma característica desejada. Em um aspecto, a presente invenção proporciona um método para selecionar uma semente tendo uma característica, compreendendo: A) fornecimento da semente em um dispositivo de amostragem; (B) direção de luz de uma fonte de luz para a semente, assim, formando luz refletida e luz transmitida; (C) passagem da luz refletida ou da luz transmitida através de uma espectrografia para formar a luz dispersa; (D) recebimento da luz dispersa em um dispositivo de medição de luz compreendendo uma formação de múltiplos pontos de dados; (E) saída de um sinal para cada um dos múltiplos pontos de dados com o dispositivo de medição de luz; e (F) determinação de se a semente mostra cada uma das características baseadas nos sinais.

[00105] Em um outro aspecto da presente invenção, ela proporciona um método para introgressão de uma característica em uma planta, compreendendo: A) fornecimento da semente em um dispositivo de amostragem; (B) direção de luz de uma fonte de luz para a semente e geração de luz refletida ou transmitida; (C) passagem da luz refletida ou da luz transmitida através de uma espectrografia; (D) recebimento

da luz transmitida ou da luz refletida em um dispositivo de medição de luz compreendendo uma formação de múltiplos pontos de dados; (E) saída de um sinal para cada um dos múltiplos pontos de dados com o dispositivo; e (F) determinação de se a semente mostra a característica baseada nos sinais; (G) seleção da semente tendo a característica baseada nos sinais; (H) desenvolvimento de uma planta fértil a partir da semente; e (I) utilização da planta fértil como uma origem feminina ou uma origem masculina em um cruzamento com uma segunda planta.

[00106] Os métodos de introgressão e seleção da presente invenção podem ser usados em combinação com qualquer metodologia de semeadura e podem ser usados para selecionar uma geração simples ou selecionar gerações múltiplas. A escolha de método de semeadura depende do modo de reprodução da planta, da capacidade de herança da(s) característica(s) que está(ão) sendo aperfeiçoada(s) e do tipo de cultivador usado comercialmente (por exemplo, cultivador híbrido F1, cultivador de linhagem pura, etc.). Abordagens selecionadas, não-limitativas, para semeadura das plantas da presente invenção são apresentadas abaixo. É ainda compreendido que qualquer um dos cultivadores comerciais e não comerciais pode ser utilizado em um programa de semeadura. Fatores, tais como, por exemplo, vigor emergencial, vigor vegetativo, tolerância ao estresse, a resistência à doença, ramificação, floração, conjunto da semente, tamanho da semente, densidade da semente, capacidade de resistência e capacidade de debulhamento, etc., em geral, ditarão a escolha.

[00107] Para características com alta capacidade de herança, uma escolha de plantas individuais superiores avaliadas em uma única localização será eficaz, ao passo que para características com baixa capacidade de herança, a seleção está baseada em valores médios obtidos de avaliações duplicadas de famílias de plantas relacionadas. Mé-

todos de seleção populares comumente incluem, mas não estão limitados aos mesmos, seleção de raça, a seleção de raça modificada, seleção de massa e seleção recorrente. Em uma modalidade preferida, um programa de semeadura recorrente ou de cruzamento de base é empreendido.

[00108] A complexidade da herança influencia a escolha do método de semeadura. A semeadura de cruzamento de fundo pode ser usada para transferir um ou uns poucos genes favoráveis para uma característica altamente herdável em um cultivador desejável. Essa abordagem tem sido usada extensivamente para semear cultivadores resistentes a doenças. Várias técnicas de seleção recorrentes são usadas para aperfeiçoar características quantitativamente herdadas por numerosos genes. O uso da seleção recorrente em colheitas de autopolinização depende da facilidade da polinização, da frequência de híbridos bem-sucedidos de cada polinização e do número de descendência de híbridos de cada cruzamento bem-sucedido.

[00109] Linhagens de semeadura podem ser testadas e comparadas com padrões apropriados em ambientes representativos da(s) área(s) alvo comercial (ais) para duas ou mais relações. As melhores linhagens são candidatas para novos cultivadores comerciais. Aqueles ainda deficientes nas características podem ser usados como os pais para produzir novas populações para a seleção adicional.

[00110] Um método de identificação de uma planta superior é observar seu desempenho em relação a outras plantas experimentais e a um cultivador padrão amplamente desenvolvido. Se uma única observação for não conclusiva, observações duplicadas podem proporcionar uma melhor estimativa padrão amplamente desenvolvida de seu valor genético. Um semeador pode selecionar recusar duas ou mais linhagens originais, seguida pela seleção repetida, produzindo muitas combinações genéticas novas.

[00111] O desenvolvimento de novos cultivadores de soja acarreta o desenvolvimento e a seleção de variedades de soja, o cruzamento dessas variedades e a seleção de cruzamentos de híbridos superiores. A semente de híbridos pode ser produzida através de cruzamentos manuais entre pais machos férteis selecionados ou pelo uso de sistemas de esterilidade de machos. Híbridos são selecionados para certas características de genes únicas tais como, cor da vagem, cor da flor, rendimento da semente, cor da pubescência ou resistência a herbicidas que indicam que a semente é verdadeiramente um híbrido. Dados adicionais sobre linhagens parentais, bem como o fenótipo do híbrido, influenciam a decisão do semeador de continuar ou não com o cruzamento de híbridos específicos.

[00112] Métodos de semeadura de espécies puras e de seleção recorrente podem ser usados para desenvolver cultivadores de semeadura de populações. Os programas de semeadura combinam características desejáveis de dois ou mais cultivadores ou várias fontes de base ampla na semeadura de grupos dos quais os cultivadores são desenvolvidos por meio de selfing e seleção de fenótipos desejados. Novos cultivadores podem ser avaliados para determinar os que têm potencial comercial.

[00113] A semeadura de espécies por raça pura é usada comumente para o aperfeiçoamento de colheitas de autopolinização. Duas plantas de origem que possuem características complementares favoráveis são cruzadas para produzir um F1. Uma população de F2 é produzida através de selfing de um ou diversos F1s. A seleção dos melhores indivíduos nas melhores famílias é feita. A testagem duplicada de famílias pode começar na geração de F4 para aperfeiçoar a eficácia da seleção para cada característica com baixa capacidade de herança. Em um estágio avançado de semeadura (isto é, F6 e F7) as melhores linhagens ou misturas de linhagens fenotipicamente similares são tes-

tadas para liberação potencial como novos cultivadores.

[00114] A semeadura e o cruzamento de base têm sido usados para transferir genes para uma característica simplesmente herdada, altamente herdável em um cultivador de homozigoto desejável ou linhagem de semeadura interna, que é o pai recorrente. A fonte da característica a ser transferida é chamada o pai doador. Espera-se que a planta resultante tenha os atributos do pai recorrente (por exemplo, o cultivador) e a característica desejável transferida do pai doador. Após um cruzamento inicial, indivíduos que possuam o fenótipo do pai doador são selecionados e cruzados repetidamente (contracruzados) com o pai recorrente. Espera-se que o pai resultante tenha os atributos do pai recorrente (por exemplo, cultivador) e a característica desejável transferida do pai doador.

[00115] O procedimento de descendência de semente única se refere ao plantio de uma população de segregação, colheita de uma amostra de uma semente por planta e uso da amostra de uma semente para plantar a geração seguinte. Quando a população tiver avançado do F2 para o nível desejado de semeadura interna, as plantas das quais as linhagens são derivadas acompanharão diferentes indivíduos de F2. O número de plantas em uma população declina a cada geração devido a falhas de algumas sementes em germinar ou de algumas plantas em produzir pelo menos uma semente. Como resultado, nem todas as plantas de F2 originalmente amostradas na população estarão representadas por uma descendência, quando o avanço da geração de tiver sido completado.

[00116] Em um procedimento de sementes múltiplas, por exemplo, semeadores de soja comumente colhem uma ou mais vagens de cada planta em uma população e as debulham juntas para formar um lote. Parte do lote é usada para plantar a geração seguinte e parte é colocada de reserva. O procedimento tem sido referido como técnica da

descendência de semente simples modificada ou do lote de vagens.

[00117] O procedimento de sementes múltiplas tem sido usado para economizar trabalho na colheita. É consideravelmente mais rápido debulhar vagens com uma máquina do que remover uma semente de cada uma com a mão para o procedimento da semente única. O procedimento das sementes múltiplas também torna possível plantar o mesmo número de sementes de uma população a cada geração de semeadura interna.

[00118] Em uma modalidade a presente invenção é usada para diferenciar amostras haplóides de amostras não haplóides. O uso de plantas haplóides aumenta a eficiência da seleção recorrente em programas de semeaduras de plantas através do fornecimento de uma maneira de produzir linhagens homozigotas de linhagens haplóides duplas. Como as haplóides são hemizigotas, isto é, apenas um alelo por local, elas são úteis para estudos de mutação e seleção contra alelos recessivos indesejáveis. Os métodos da presente invenção podem ser usados para discriminar amostras haplóides de outros tipos de amostras, tais como diplóides. Qualquer característica de haplóide que produza um fenótipo que produza luz refletida ou transmitida que tenha uma composição espectral diferente de uma amostra não haplóide pode ser determinada com os métodos da presente invenção. Por exemplo, algumas linhagens parentais conduzem genes tais como R-nj, que permitem que as haplóides sejam identificadas no estágio de sementes maduras pela coloração de antocianina do topo do endosperma e a falta de coloração no embrião. Os métodos da presente invenção podem discernir prontamente a presença ou ausência desses fenótipos na localização requerida na semente.

[00119] Descrições de outros métodos de semeadura que são comumente usados para diferentes características e colheitas podem ser encontradas em um de diversos livros de referência (por exemplo,

Fehr, Principles of Cultivar Development Vol. 1, pp. 2 - 3 (1987)), cuja totalidade é aqui incorporada através de referência).

DISPOSITIVOS E SISTEMAS ANALÍTICOS

[00120] A presente invenção proporciona dispositivo para medir propriedades de produtos agrícolas, compreendendo: um dispositivo de processamento para produzir uma amostra; um dispositivo de amostragem para fornecer uma amostra, em que o dispositivo de amostragem é disposto para receber a amostra no dispositivo de processamento; e um sistema ótico de formação de imagem espectroscópica, em que o sistema é disposto para analisar a amostra no dispositivo de amostragem. A presente invenção também proporciona um dispositivo para medir propriedades de produtos agrícolas, compreendendo: um dispositivo de amostragem para proporcionar uma amostra; um sistema ótico de formação de imagem espectroscópica, em que o sistema é disposto para analisar amostra no dispositivo de amostragem; e um dispositivo de classificação para classificar a amostra em dois ou mais grupos diferentes, em que o dispositivo de classificação é disposto para receber a amostra no dispositivo de amostragem. A presente invenção ainda proporciona um dispositivo para medir as propriedades de produtos agrícolas, compreendendo: um dispositivo de processamento para produzir uma amostra; um dispositivo de amostragem para proporcionar uma amostra, em que o dispositivo de amostragem é disposto para receber a amostra no dispositivo de processamento; um sistema ótico de formação de imagem espectroscópica, em que o sistema é disposto para analisar a amostra no dispositivo de amostragem; e um dispositivo de classificação para classificar a amostra em dois ou mais grupos diferentes, em que o dispositivo de classificação é disposto para receber a amostra do dispositivo de amostragem.

[00121] O dispositivo aqui descrito utiliza um sistema ótico de for-

mação de imagem espectroscópica para analisar amostras agrícolas. Conforme aqui usado, um "sistema ótico de formação de imagem espectroscópica" é qualquer sistema que possa formar uma imagem de uma amostra, em que a imagem compreende uma multiplicidade de pontos de dados. Em uma modalidade preferida, o sistema ótico de formação de imagem espectroscópica compreende uma fonte de luz, dispositivo para dispersar luz e um dispositivo de medição de luz. Conforme aqui usado, um "dispositivo para dispersar luz" significa qualquer dispositivo que seja capaz de dispersar luz tendo comprimentos de ondas mistos em comprimentos de ondas separados. Em uma modalidade preferida, o dispositivo para dispersar luz é um espectrógrafo. A fonte de luz, o espectrógrafo e o dispositivo de medição de luz incluem, mas não estão limitados aos mesmos, aqueles aqui descritos.

[00122] Uma amostra pode ser preparada para análise com um sistema de formação de imagem espectroscópica com um dispositivo de processamento. Conforme aqui usado, um "dispositivo de processamento" é qualquer dispositivo que seja capaz de separar a porção desejada de uma planta do resto da planta. Em uma modalidade preferida, o dispositivo de processamento é um ceifador, um debulhador ou uma combinação. O ceifador pode ser, por exemplo, um ceifador de milho de espiga simples modificado da Almaco (Almaco, 99 M Avenue, Caixa Posta, 296, nevada, IA 50201).

[00123] Após a mostra ser preparada com o dispositivo de processamento, ela é analisada com o sistema de formação de imagem espectroscópica. Após a análise com o sistema de formação de imagem espectroscópica, a amostra pode ser automaticamente classificada com o dispositivo de classificação.

[00124] Conforme aqui usado, um "dispositivo de classificação" é qualquer dispositivo que seja capaz de separar a amostra pelo menos em dois compartimentos diferentes dependendo dos resultados da

análise. Um dispositivo de classificação pode ser, por exemplo, uma palheta móvel simples que dirige a amostra em uma de duas direções. Em uma modalidade preferida, um dispositivo de classificação é capaz de classificar, independentemente, 10, 20, 50 ou 100 sementes individuais. Conforme aqui usado, um "compartimento" é qualquer dispositivo que possa sustentar uma porção de uma amostra separada de outras porções.

[00125] Em uma modalidade preferida, o dispositivo de classificação é capaz de classificar o lote simples de sementes em um de uma multiplicidade de compartimentos. Esse tipo de classificação é útil, se mais de uma característica simples estiver sendo examinada durante análise.

[00126] Em uma modalidade preferida, um dispositivo de processamento e dispositivo de classificação são acoplados a um dispositivo de amostragem e a um sistema de formação de imagem espectroscópica para proporcionar um dispositivo para fornecer automaticamente uma amostra, analisar uma amostra e classificar uma amostra. Em uma modalidade preferida, a amostra pode ser proporcionada, analisada e classificada mais depressa do que uma vez a cada 10 segundos, mais preferivelmente mais rápido do que uma vez a cada 5 segundos.

[00127] A figura 1 representa um diagrama esquemático de uma modalidade do dispositivo da presente invenção, de um modo geral, em 10. Uma fonte de luz 12 é disposta de modo a dirigir luz na amostra 14 no dispositivo de amostragem 16, que está posicionado de modo a refletir luz para um dispositivo de medição de luz 18. A fonte de luz 12 pode ser qualquer dispositivo que seja capaz de proporcionar luz na faixa correta de comprimentos de onda para a amostra 14 para a análise pelo dispositivo de medição de luz 18. O dispositivo de amostragem 16 pode ser qualquer dispositivo que seja capaz de pro-

porcionar uma amostra 14 para análise através de sustentação e posicionamento da amostra 14 no campo visual do dispositivo de medição de luz 18. O dispositivo de medição de luz 18 pode ser qualquer dispositivo que seja capaz de caracterizar a intensidade de um ou mais comprimentos de onda de interesse da luz da amostra 14.

[00128] A figura 1 é uma representação esquemática de um dispositivo de medição de luz preferido 18 e fixações mostradas de um modo geral em 20. Anexo ao dispositivo de medição de luz 18, que na presente modalidade é uma câmera de varredura progressiva 22, está uma lente de formação de imagem 24 e um espectrógrafo de formação de imagem de eixo reto 26. Os componentes são dispostos de modo que a luz que vem da mostra 14 primeiro passa através da lente de formação de imagem 24, a seguir passa através do espectrógrafo 26 antes de entrar na câmera 22. Um obturador atuado eletronicamente 38 está localizado na frente da lente de formação de imagem. Quando fechado, o obturador 38 bloqueia completamente qualquer luz de entrar no espectrógrafo e é usado para coletar uma imagem escura para uso na correção das imagens de amostras coletadas com o sistema.

[00129] A lente de formação de imagem 24 pode ser qualquer lente de vídeo convencional, tal como uma macro lente Electrophysics de 25 mm f/1,4 com diafragma - íris integral. A lente de formação de imagem 24 acopla a luz refletida ou transmitida da amostra 14 no espectrógrafo de formação de imagem de eixo reto 26, que, em uma modalidade, é um Specim Inspector N17-04-100 com uma largura de fenda de 80 microns. O espectrógrafo 26 tem uma faixa espectral nominal de 900 a 1750 nanômetros, uma resolução espectral nominal de 10 nanômetros e uma abertura numérica de f/2,8. O espectrógrafo é baseado em um elemento de dispersão prisma/ grade/ prisma (PGP) e ótica transmissiva que proporciona um eixo ótico reto, uma imagem livre de astigmatismo e uma produtividade operacional independente de polarização.

O espectrógrafo 26, em uma modalidade, equipado com um flange de montagem-C padrão que permite a conexão direta com a lente de formação de imagem 24 e a câmara de formação de plano focal 22, assim, convertendo a câmara 22 em um sistema de formação de imagem de linha espectral.

[00130] A câmara de varredura progressiva de formação focal 22 mostrada na figura 1a pode ser, por exemplo, Antimoneto de índio (InAs), Telurieto de mercúrio cádmio (MCT), Siliciureto de platina (PtSi), Silício dopado com arsênico (Si:As) e Arseniureto de índio gálio, com Arseniureto de índio gálio preferido. Uma formação de plano focal de Arseniureto de índio gálio pode ser, por exemplo, uma câmara de SU320-1,7RT-D/RS170 de Sensors Unlimited Inc. O formato da formação focal para essa câmara 22 é 320 por 240 pixels para um total de 76.800 pixels detectores com um passo de 40 microns para cada pixel. A câmara 22 tem uma precisão analógica para digital de 12 bits, uma taxa de leitura de pixels de 6,1 MHz e uma resposta espectral de 900 a 1730 nanômetros. A câmara 22 tem uma saída de vídeo de varredura progressiva permitindo a aquisição de um campo por quadro. A taxa de quadros da câmara 22 no modo de varredura progressiva é 60 quadros por segundo. Isso significa que uma imagem de linha espectral pode ser capturada a cada 16,67 milissegundos. Em uma modalidade, o eixo de 320 pixels da câmara 22 é usado para o eixo espacial enquanto o eixo de 240 pixels é usado para o eixo espectral. Isso significa que 320 espectros individuais podem ser adquiridos a cada 16,67 milissegundos.

[00131] A iluminação da amostra 14 para a formação de imagem de linha espectral é, em uma modalidade, realizada com uma fonte de banda larga contínua tal como uma lâmpada de quartzo de tungstênio halogênio. A fonte de luz 12 pode ser, por exemplo, uma lâmpada de AS220 e conjunto de CVI Laser Inc. Uma modalidade da fonte de luz é

mostrada na figura 1b de um modo geral em 28. A fonte contém uma lâmpada de quartzo tungstênio halogênio de 30 watts com o refletor parabólico integral 30, ótica de condensador 32, um filtro de recorte quase infravermelho 34 e uma lente cilíndrica 36 para focalizar a luz em uma linha para iluminação de linha uniforme. O filtro de recorte quase infravermelho 34 remove luz ultravioleta não desejada, prejudicial e visível de bater na amostra.

[00132] Uma modalidade do dispositivo de amostragem 16 é mostrada na figura 1c de um modo geral em 40. Na figura 1c, o dispositivo de amostragem é uma cuveta, que consiste em um compartimento retangular 42 com uma janela de quartzo 44 através da qual a amostra 14 tem a imagem formada, uma porta de fundo 46 para remover a amostra 14 após a análise ser completada, uma tira de um material de refletância calibrado 48, por exemplo, Spectralon de Labsphere Inc. (Labsphere, Inc. Subsidiária de X-Rite, Inc., Shaker St., Caixa Postal 70, North Sutton, NH 03260-0070), para normalizar a resposta do instrumento, uma tira de material de refletância calibrado dopado com óxidos de terras raras 50 para estabelecer a precisão da escala do comprimento de onda e um compartimento de amostra menor 52 com sua própria janela de quartzo disposta no fundo da cuveta para sustentar uma amostra de referência do mesmo tipo de produto agrícola que aquele que está sendo analisado.

[00133] A construção tubular, opto-mecânica do espectrógrafo na figura 1 é mostrada, de um modo geral, na figura 2 em 26. O espectrógrafo 26 é compacto, estável, forte e não tem componentes móveis. A grade no componente de PGP é uma grade de transmissão de fase - volume que proporciona uma boa eficiência de difração através de uma ampla faixa. Para uma modalidade da presente invenção, as características de eficiência de difração são o máximo de mais de 60% em 1.100 nanômetros e uma eficiência de 40% em 1.700 nanômetros.

A ótica transmissiva de visão direta produz uma imagem de alta qualidade com comprimento focal curto e ótica rápida, assim, minimizando o tamanho do espectrógrafo ao mesmo tempo em que proporciona uma boa eficiência de coleta de luz. O espectrógrafo 26 compreende um alojamento tubular 54 dentro do qual está disposto um disco 56 definindo uma fenda de entrada. A luz da amostra 14 entra através da fenda de entrada e passa através de uma lente 58, que focaliza a luz no componente de PGP 60 e onde ela é dispersa para sua distribuição espectral continua perpendicular à imagem de linha. A luz dispersa, então, passa através de uma segunda lente 62 e é focalizada na formação de plano focal 64 da câmera 22. O comprimento de onda central da faixa espectral completa segue reto e os comprimentos de onda mais curtos e mais longos são dispersos simetricamente em ambos os lados do comprimento de onda central. A câmera de formação de plano focal 22 colocada no foco da saída do espectrógrafo registra em um quadro a imagem de linha espacial e a distribuição espectral de cada pixel na imagem de linha.

[00134] A largura de fenda do espectrógrafo 26 afeta a resolução espectral e a largura da linha de imagem. Em uma modalidade, a fenda é uma fenda de 80 microns, que proporciona uma resolução espectral nominal conforme definido pelos critérios de máximo de largura total de 10 nanômetros através da faixa espectral de 900 a 1.530 nanômetros, ao mesmo tempo em que aumenta para 13 nanômetros no limite espectral superior de 1.750 nanômetros. O comprimento e a largura da linha de imagem são determinados pelo comprimento da fenda, a largura da fenda, o comprimento focal da lente e a distância entre a amostra e a lente. Por exemplo, um comprimento de fenda de 9,9 mm, uma largura de fenda de 80 microns, um comprimento focal de lente de 25 mm e uma distância entre a amostra e a lente de 214 milímetros dá uma largura de linha de imagem de 0,37 mm e um compri-

mento de linha de imagem de 85 milímetros.

[00135] A fim de que a câmera 22 meça os dados de luz dos conteúdos de entrada da amostra 14, a amostra 14 é movida em relação ao espectrômetro. O dispositivo de amostragem 16, o dispositivo de medição de luz 18, ou ambos, podem ser movidos a fim de se obter esse movimento relativo. Em uma modalidade preferida, o dispositivo de amostragem 16 é montado em um estágio móvel. O estágio pode ser, por exemplo, um estágio translacional linear servo controlado, tal como um Parker Hannefin Gemini GV Series com controlador (Parker Hannifin Corp., 6035 Parkland Boulevard, Cleveland, Ohio). O estágio translacional linear move a cuveta da amostra precisa e reproduzivelmente, em uma velocidade constante, através do campo de visão do espectrômetro de formação de imagem 20. O movimento do estágio translacional linear é sincronizado com a operação da câmera 22 de modo que cada quadro capturado pela câmera 22 é uma linha de imagem adjacente, de não sobreposição, da amostra. A imagem espectroscópica da amostra 14 na cuveta é formada por anexação de linhas de imagem adjacentes, de não sobreposição, na amostra juntas, assim, construindo a imagem linha por linha.

[00136] A figura 3 representa, pictorialmente, o cubo de dados hiperespectrais assim produzido. Conforme mostrado na figura 3, uma dimensão da câmera 22, o eixo espacial, registra uma imagem de intensidade de cada linha em um dado comprimento de onda e a outra dimensão, o eixo espectral, registra a informação espectral para cada pixel de imagem. Em uma modalidade, o eixo longo da formação de plano focal da câmera com 320 pixels é usado para o eixo espacial enquanto o eixo curto com 240 pixels é usado para o eixo espectral. Se o aperfeiçoamento no sinal para ruído do sistema for desejado, ou se a velocidade de aquisição for de importância primordial, os pixels individuais de cada linha, cada um com um espectro único, podem ser

mediados, assim, formando um espectro por linha de imagem. Para modalidade acima descrita, isso significa que 320 espectros podem ser mediados a cada 16,67 milissegundos para cada linha de imagem. Além disso, uma imagem pseudocolorida pode ser extraída do cubo de dados hiperespectrais através da atribuição de 3 imagens espectrais em escala de cinza em planos únicos de comprimentos de onda para os componentes em cores Vermelho Verde Azul (RGB), assim, produzindo uma imagem pseudocolorida, conforme mostrado na figura 4.

[00137] No caso de refletância, a fonte de luz é posicionada no mesmo lado do dispositivo de amostragem 16 que a câmera 22, conforme mostrado na figura 1. O ângulo entre a câmera 22 e a fonte de luz 12 é determinado através da otimização da coleta da luz difusamente dispersa da amostra 14. A luz é focalizada na amostra 14 através da lente cilíndrica 36.

[00138] A luz difusamente dispersa da superfície da amostra é dirigida através da lente de formação de imagem 58 para a fenda de entrada no espectrógrafo onde a grade de transmissão 60 dispersa a luz em sua distribuição espectral contínua perpendicular à linha de imagem definida pela fenda de entrada. O comprimento de onda central na faixa de comprimentos de ondas do desenho segue reto e os comprimentos de ondas mais curtos e mais longos são dispersos simetricamente em ambos os lados do comprimento de onda central.

[00139] As várias modalidades descritas acima para a fonte de luz 12, o dispositivo de amostragem 16 e o dispositivo de medição de luz 18 podem ser combinados com dispositivos de processamento que separam partes diferentes de plantas e dispositivos de classificação, que são capazes de classificar a amostra com base na saída do dispositivo de medição de luz 18.

[00140] A figura 5 mostra um diagrama esquemático de qualquer uma das modalidades descritas acima integradas com um dispositivo

de processamento agrícola convencional, que na presente modalidade é um dispositivo de classificação, e um sistema de controle geralmente 70. A saída do dispositivo de processamento 72 é conectada por um tubo 74 a uma calha de entrada de amostra 76. O dispositivo de processamento 72 pode ser qualquer dispositivo agrícola convencional que separe a parte desejada da planta do resto da planta. Em uma modalidade, o dispositivo de processamento 72 é um debulhador de milho de espiga simples, que é usado para remover os miolos das sementes de milho do sabugo. Um debulhador de milho de espiga simples é projetado para separar os miolos das sementes do sabugo, aspirar os miolos das sementes para remover quaisquer detritos pequenos indesejáveis, coletar os miolos das sementes em um compartimento de coleta e ejetar o sabugo após o debulhamento. A saída do dispositivo de processamento 72 é alimentada diretamente através de um tubo 74 em uma calha de entrada de amostra 76 do sistema de teste. O movimento da amostra 14 através do tubo 74 é proporcionado por um motor a vácuo 92. Um ciclone 78 com uma porta impede a amostra de deixar a câmara do ciclone 78. A porta pode ser ativada, por exemplo, com um solenoide. Quando o solenoide é atuado (quando o dispositivo de amostra está vazio e pronto para receber uma nova amostra) a porta do ciclone 78 é aberta e a amostra cai em um compartimento de pesagem 80 para medir o peso da amostra. O fundo do compartimento de pesagem 80 é um alçapão 82 que pode ser atuado, por exemplo, por um solenoide. Após o peso da amostra ser registrado, o alçapão 82 é aberto, assim, permitindo que a amostra caia no dispositivo de amostras 16.

[00141] O dispositivo de amostras 16, nesta modalidade, é anexado a um estágio translacional linear servo controlado 84, que pode ser controlado para mover o dispositivo de amostras 16 em uma velocidade constante através do campo de visão do dispositivo de medição de

luz 18. O estágio 84 também é usado para mover o dispositivo de amostras 16 para uma posição a fim de aceitar a amostra seguinte ou descarregar a amostra 14 após a medição ser completada. As imagens são adquiridas através de linhas adjacentes de formação de imagem na amostra 14, assim, construindo a imagem linha por linha. A velocidade em que o estágio translacional 84 move o dispositivo de amostras 16 é determinada pela largura da linha da imagem e a velocidade de leitura da câmera 22 por quadros de imagem. Após os dados de imagem terem sido coletados e o processamento de dados estar completo, a porta de fundo 46 do dispositivo de amostragem 16 é aberta, o que permite que a amostra caia. A porta de fundo 46 pode ser aberta, por exemplo, por um atuador eletrônico. Após cair do dispositivo de amostra 16, a amostra 14 cai em um dispositivo de classificação 86 onde a amostra 14 é dirigida mecanicamente para qualquer um de dois ou mais recipientes. Em uma modalidade, o dispositivo de classificação 86 pode compreender as palhetas eletronicamente atuadas que dirigem a amostra para os recipientes. O processamento, a análise e a classificação em combinação descritos acima podem ser designados como uma unidade única ou unidades separadas que podem ser acopladas.

[00142] Um sistema de controle 88 pode ser incluído para automatizar todas as funções do sistema, incluindo a coleta de dados de quadros de imagem da câmera 22, movimentar o estágio translacional 84, abrir e fechar as portas, movimentar as palhetas do dispositivo de classificação e análise de dados. Os abastecimentos de energia e controladores de entrada/saída associados estão contidos, opcionalmente, em um gabinete de componentes eletrônicos 90. Em uma outra modalidade, o dispositivo de classificação 86 tem múltiplas palhetas, assim, permitindo a classificação em mais de 2 recipientes. O dispositivo de classificação 86 pode ser configurado para acomodar a classificação

em dez recipientes se características múltiplas forem medidas de uma vez.

[00143] A figura 6 é um diagrama em bloco do sistema de controle eletrônico adequado para uso na prática da modalidade da presente invenção. Conforme mostrado na figura 6, em uma modalidade, o sistema de controle 88 compreende um controlador, um visor e um teclado. O controlador contém código legível por máquina que controla os vários componentes do sistema usando sinais recebidos do compartimento de pesagem 80, um controlador de compartimento de pesagem 100 e o dispositivo de medição de luz 18 (através das conexões 102 e 104). O controlador sinaliza aos vários componentes para empreender ações apropriadas através da conexão 106 e do controlador servo/escalador 108, que pode ser qualquer controlador servo/escalador convencional, tal como um controlador de 6K4. O controlador servo/escalador 108 controla o dispositivo de classificação 86, o obturador de câmera 38, o atuador de dispositivo de amostras 110, o solenoide da porta do compartimento de pesagem 112, a válvula solenoide do ciclone 114 e o estágio móvel 84.

[00144] Como será visto por aqueles versados na técnica, várias configurações de controlador e código legível por máquina podem ser usadas para efetuar o controle automatizado desejado do sistema.

[00145] Em uma modalidade, o sistema funciona como segue. Após uma amostra 14 ser recebida no ciclone 78, a amostra 14 é aspirada para remover detritos em excesso. O estágio móvel 84 move o dispositivo de amostras 16 para sua posição "home" exatamente abaixo do material de referência de refletância Spectralon 48 onde o sistema aguarda começar a aquisição dos dados de formação de imagem. Um obturador eletrônico 38 bloqueia a entrada para o dispositivo de medição de luz 18. O sistema de controle 88 adquire e armazena uma imagem escura para cálculo posterior da refletância da amostra. O obtu-

rador eletrônico 38 então, é aberto. O estágio móvel 84 acelera o dispositivo de amostras 16 até que ele alcance sua velocidade constante pré-programada movendo o mesmo através do campo de visão do dispositivo de medição de luz 18. O início do movimento do estágio 84 dispara a aquisição de quadros de imagem do dispositivo de medição de luz 18 para o sistema de controle 88. As imagens espectroscópicas são adquiridas através de linhas adjacentes de formação de imagem na mostra, assim, construindo a imagem linha por linha. A velocidade em que o estágio móvel 84 move o dispositivo de amostragem 16 é determinada pela leitura da linha de formação de imagem e a velocidade de leitura do dispositivo de medição de luz 18 por quadro de imagem. A aquisição e o armazenamento de uma imagem escura e de um alvo de referência de refletância com cada amostra assegura compensação correta pelo sistema para qualquer desvio devido à corrente escura no detector, não uniformidade espacial de iluminação através da linha de cena e o desvio da temperatura de controle da fonte de luz. O sistema de controle continua tomando quadros de imagens à medida que o estágio móvel 84 se move. O sistema de controle 88 para de adquirir quadros de imagem e para o movimento do estágio quando um critério válido de "Fim de Varredura" é encontrado no sistema de controle. A expressão lógica "Fim de Varredura" é testada após cada quadro de imagem ser adquirido. O número total de linhas de imagem válidas é proporcional ao volume total da amostra. O volume da amostra junto com os dados de peso do compartimento de pesagem é usado para calcular o rendimento. Após os dados de imagem terem sido coletados e o processamento de dados ter sido completado, a amostra 14 é classificada como antes, dependendo dos critérios de seleção predeterminados e da análise dos dados do dispositivo de medição de luz 18.

[00146] A informação química quantitativa para a amostra pode ser

extraída dos dados espectrais coletados com a presente invenção. É bem conhecido que moléculas orgânicas poliatômicas contidas em materiais biológicos mostram transições de absorção em regiões espectrais infravermelhas e quase infravermelhas e essas transições são bem-correlacionadas com os grupos funcionais orgânicos. Especificamente, na região infravermelha próximo de 770 a 2.500 nanômetros, sobretons e bandas de combinação das frequências vibracionais fundamentais dos grupos funcionais orgânicos de O-H, C-H e N-H proporcionam uma assinatura espectral molecular para correlacionar a concentração de componentes químicos.

[00147] Quando usada como um sistema de formação de imagem espectral, a presente invenção proporciona muitas vantagens. Como a luz refletida de cada unidade da amostra dentro do campo de visão do sistema é coletada e medida, dados mais precisos podem ser obtidos para amostras de grãos de conjunto. A figura 7 mostra o tipo de detalhe que pode ser adquirido com a modalidade preferida da presente invenção. A figura 7 mostra uma imagem expandida em escala de cinza de uma amostra de conjunto de milho em 1.100 nanômetros. Também mostrados estão dois espectros sobrepostos, um correspondendo a um ponto espacial na porção de germe de um miolo de semente de milho, conforme indicado na imagem, enquanto o outro corresponde a um ponto espacial na porção de endosperma, conforme indicado na imagem de um miolo de semente de milho. Como pode ser visto da comparação da imagem em escala de cinza junto com os espectros, os dois miolos de sementes podem ser discriminados um do outro usando suas assinaturas espectrais. A análise das imagens espectroscópicas pode ser usada para classificar a amostra com base, por exemplo, sem limitação, no tamanho do endosperma, no tamanho do germe, na forma da semente, no tamanho da semente, na cor da semente, na textura da superfície da semente, no peso da semente, na

densidade da semente, na integridade da semente, no teor de óleo, no teor de proteína, no teor de carboidrato, no teor de amido, no teor de fibras e no teor de água. O detalhe espacial proporcionado pela imagem da amostra pode ser usado através do uso de filtros morfológicos para estimar o número total de unidades para um dado volume bem como a forma unitária média.

[00148] Fazendo referência à figura 8, é mostrada uma modalidade alternativa da presente invenção na forma de um sistema de formação de imagem de transmitância difusa. O dispositivo de amostragem 116 nesta modalidade permite a passagem de luz através de dois lados e pode consistir em um compartimento retangular com duas janelas de quartzo através das quais luz é transmitida através da amostra para a fenda de entrada do espectrógrafo 26. No caso de transmitância difusa, a fonte de luz 12 é posicionada diretamente oposta ao dispositivo de medição de luz 18 em uma distância X e no mesmo plano. Luz da fonte de luz 12 ofusca é dirigida em uma linha pela lente cilíndrica e colimada através do dispositivo de amostragem 116 onde ela é focalizada na fenda de entrada do espectrógrafo 26. O material de referência calibrado Spectralon usado na modalidade da refletância é substituído pela célula de referência de transmissão 118 consistindo em duas janelas pequenas posicionadas em ambos os lados da cuveta, uma das quais é de quartzo, enquanto a outra é feita de um filtro de densidade neutra de modo que a imagem de referência pode ser coletada. A medição da transmitância é feita através da divisão da linha de imagem adquirida através da amostra 14 pela imagem de referência de transmissão. O fundo do dispositivo de amostragem 116 compreende uma célula de amostra 120 com duas janelas de quartzo em lados opostos contendo uma referência do mesmo tipo que a que está sendo analisada. O processo analítico prossegue como antes.

[00149] Fazendo referência à figura 9, é mostrada uma modalidade

alternativa da presente invenção na forma de um sistema de refletância difusa para análise de sementes simples. As sementes são dispostas em um dispositivo de amostragem 122 pelo que a sua localização e identidade podem ser mantidas. As imagens espectrais são adquiridas pela movimentação no dispositivo de amostragem 122 em uma taxa fixa de maneira análoga ao sistema para as amostras de conjunto. A figura 10 mostra uma imagem de uma bandeja de 24 miolos de sementes de milho adquiridos conforme descrito acima. A imagem foi gerada pela seleção de 3 imagens espectrais em escala de cinza em três planos únicos de comprimentos de onda e pela escala de cada 1 para os componentes de cores vermelho ou verde ou azul. Também mostrados estão dois espectros sobrepostos, um correspondendo a um ponto espacial em uma semente individual na região do endosperma, enquanto o outro espectro corresponde a um ponto espacial na região do germe de uma semente separada. A capacidade para diferenciar entre diferentes tecidos da semente da amostra (por exemplo, endosperma e germe) permite a medição da característica da amostra escolhida naqueles tecidos diferentes.

[00150] A análise de sementes simples descrita acima pode ser coordenada com um dispositivo de classificação 86 que classifica cada semente individualmente. Nesta modalidade, o dispositivo de amostragem 116 têm divisões para separar as sementes individuais em células. O fundo do dispositivo de amostragem 116 compreende portas que podem ser abertas diferencialmente para liberar qualquer uma ou todas as sementes, dependendo dos critérios de seleção programados. Alternativamente, o dispositivo de classificação 86 pode compreender palhetas móveis diferencialmente controláveis para cada compartimento no dispositivo de amostra 116, assim, permitindo a descarga simultânea das sementes no dispositivo de classificação.

[00151] Embora as modalidades ilustradas da presente invenção

incluam a formação de imagens espectrais na região espectral infravermelha próximo, outras regiões espectrais poderiam ser usadas, como as regiões visíveis, ultravioleta ou mediana - infravermelha. Além disso, se a fonte de luz 12 for substituída por um laser coerente, a formação de imagem por fluorescência também poderia ser realizada com a presente invenção. A presente modalidade inclui o sistema de amostragem que usa um dispositivo de amostragem 16 que é movido através do campo de visão do dispositivo de medição de luz 18. Outra modalidade da presente invenção usa o dispositivo de amostragem fixo 16 através do qual a amostra de grão circula além da janela de quartzo. A velocidade em que o grão circula através da célula é controlada pelo ajuste da porta entre as células de pesagem e o dispositivo de amostragem. A análise da passagem da amostra é realizada pela captura de imagens no dispositivo de medição de imagem 18 em um passo que permite uma imagem completa parcial do grão que passa.

[00152] OS exemplos a seguir são apenas ilustrativos. Não é pretendido que a presente invenção esteja limitada às modalidades ilustrativas.

EXEMPLO 1

[00153] Um modelo de calibração de milho a granel é desenvolvido de acordo com o seguinte. Um grupo de noventa e seis amostras de conjunto de milho é selecionado com base em sua faixa de constituintes químicos. As amostras são derivadas de cinco fontes de óleo diferentes e uma fonte de proteína. O conjunto de amostras inclui linhagens de fundação, linhagens de F1, linhagens de semeadura e linhagens haplóides duplas. Os pesos das amostras oscilaram de 13 gramas a 100 gramas. As faixas de óleo alcançaram de 4 - 13% (com base na matéria seca, DMB), de proteína de 9 - 24% (DMB), de amido de 60 - 75% (DMB) e de umidade de 9 - 14%.

[00154] O Analisador de Grãos Tecator Infratec 1221 (Fos Tecator,

Caixa Postal 70, S-26321, Hoeganaes, Suécia) é usado para obter dados de análise de referência junto com um modelo de calibração comercial para milho fornecido pelo fabricante. O Analisador de Grãos Tecator 1221 é instrumento de transmitância difusa quase infravermelha. Ele tem um computador embutido e usa regressão de Mínimos Quadrados Parciais com base em software Infrasoftware Win-ISI para o desenvolvimento das equações de calibração. O instrumento varre entre 850 a 1050 nanômetros. Um compartimento de amostras é usado com inserções de metal, assim, reduzindo a área ativa de amostragem de $42,8 \text{ cm}^2$ para $15,2 \text{ cm}^2$. O compartimento de amostras tem um comprimento de curso de 2,60 cm. O tempo de aquisição de dados é 60 segundos por amostra, não incluindo o tempo para inserir e remover a cuveta de amostra do compartimento de amostras.

[00155] As amostras são processadas no dispositivo da presente invenção usando os métodos da presente invenção conforme descrito acima. Um espectro mediado é produzido para 96 amostras de conjunto pela identificação de todos os pixels espaciais em um cubo de dados hiperespectral associado com cada amostra e fazendo-se a média dos espectros correspondentes. Um gráfico da refletância versus comprimento de onda para todos os 96 espectros mediados sobrepostos é mostrado na figura 11. Espectros mediados representativos para quatro das 96 amostras de conjunto de milho com composição química variável são mostrados na figura 12.

[00156] Antes que a modelagem seja realizada, cada espectro de refletância é transformado usando-se o segundo algoritmo derivado de Savitsky-Golay com uma janela de diferença finita de nove pontos e coeficientes polinomiais de segunda ordem. Uma vez que os espectros sejam decompostos em seus componentes de princípio e ponderados pelas variáveis dependentes de proteína, óleo, amido e umidade, o procedimento de regressão em um modelo de mínimos quadrados

parciais é realizado nos escores de cada espectro.

[00157] A modelagem é realizada nos espectros de refletância média - centralizadas processados. Um modelo simples de quadrados mínimos parciais (PLS) do tipo 2 é usado para todos os componentes químicos de interesse: proteína, óleo, amido e umidade. A modelagem quimométrica é realizada usando-se o software The Unscrambler, (Camo ASA, Oslo, Noruega). Os processos de modelagem de PLS são realizados conforme descrito por Haaland e Thomas, Anal. Chem., 60, 1.193 - 1.202, (1988) e Geladi e Kowalski, Anal. Chem. Acta, 185, 1 - 17 (1986), ambos os quais são aqui incorporados através de referência em sua totalidade. O desempenho do modelo é definido em termos do coeficiente multivariado de determinação (r^2), do erro padrão de predição (SEP) entre os valores medidos e modelados e a polarização entre o valor médio para os componentes medidos e os componentes modelados. Um cálculo de validação de cruzamento total é realizado para avaliar o desempenho do modelo produzido. A figura 13 mostra o gráfico da variância de validação explanada total para um modelo de mínimos quadrados parciais do tipo 2 para o total de óleo, proteína, amido e umidade para milho em conjunto versus o número de componentes de princípio. Como pode ser visto do gráfico da figura 13, o modelo captura 74% da variância de validação.

[00158] Os resultados do processo de modelagem são mostrados nas figuras 14 - 17 para óleo, proteína amido e umidade, respectivamente. As figuras 14 - 17 são gráficos de percentagens preditas de cada característica versus a percentagem da característica conforme determinado pela técnica de referência. O resumo do desempenho do modelo de PSL usado é mostrado na figura 18.

EXEMPLO 2

[00159] Um grupo de 288 amostras de miolos de sementes de milho individuais é selecionado com base em sua faixa de constituintes

químicos. O conjunto da mostra inclui linhagens de F1, linhagens de semeadura e linhagens haplóides duplas. O peso da amostra oscila de 100 mg a 584 mg. As faixas de óleo alcançaram de 0,4% a 19,3% (como é base, não corrigido para umidade) conforme medido em um espectrômetro de semente simples de 23 megahertz Maran RMN (Resonance Research Inc., Oxford, Inglaterra) e a proteína oscilou de 7% a 17% (com base na matéria seca) conforme estimados das medições de massa de milho usando um espectrômetro de Quase Infravermelho Infratec 1221 (Fos Tecator, Caixa Postal 70, S-26321 Hoeganaes, Suécia).

[00160] Uma técnica de RMN de campo baixo foi usada para determinar a concentração absoluta de óleo para cada semente individual. O procedimento é não destrutivo e não prejudicial às sementes de milho. Um espectrômetro de RMN Benchtop Maran Ultra-20 (Resonance Research Inc., Oxford, Inglaterra) com uma sonda de 18 mm é usado para medir o óleo para cada uma das sementes e os dados resultantes são usados para construir um modelo de calibração quimométrica. Os dados de óleo derivados do espectrômetro não são corrigidos para umidade. O método tem uma faixa analítica típica de 0 - 0,22 grama por semente (0 - 25% para uma semente de 0,22 grama), com uma faixa de erro padrão absoluta típica de 0,39 - 0,44%. O tempo de aquisição da amostra é cerca de 20 segundos por semente. A técnica requer um peso preciso para cada semente a fim de calcular a concentração percentual de óleo.

[00161] Um modelo de mínimos quadrados parciais (PLS) do tipo 1 é desenvolvido para o componente químico do óleo. Modelagem quimométrica é realizada usando um pacote de software comercial chamado The Unscrambler (Camo ASA, Oslo, Noruega). As matemáticas do processo de modelagem de PLS são como descritas para o exemplo 1. Um espectro mediado é produzido para cada amostra de se-

mente simples através da identificação de todos os pixels espaciais no cubo de dados hiperespectrais associados com cada semente e fazendo-se a média dos espectros correspondentes. Um gráfico de todos os 288 espectros mediados resultantes sobrepostos é mostrado na figura 19 que é um gráfico de refletância versus comprimento de onda. Os espectros mediados representativos para seis amostras de miolos de sementes de milho simples com concentrações variáveis de óleo são mostrados na figura 20.

[00162] Antes que o cálculo do modelo de PLS seja realizado, cada espectro de refletância é transformado usando uma correção de dispersão multiplicativa total (MSC), (veja, Martens e Naes, *Near Infrared Technology in Agricultural and Food Industries*, eds., Williams and Norris, Am. Assoc. Cereal Chem.) e usando o segundo algoritmo derivado de Savitsky-Golay com uma janela de diferença finita de 15 pontos e coeficientes polinomiais de segunda ordem. A modelagem é realizada nos espectros de refletância média - centralizada como no exemplo 1. O procedimento de regressão em um modelo de PLS é realizado nos escores de cada espectro, uma vez que os espectros sejam decompostos em seus componentes de princípio e pesados pela variável dependente de óleo. O desempenho do modelo é definido em termos de coeficiente multivariado de determinação (r^2), do erro padrão de predição (SEP) entre os valores medidos e modelados e a polarização entre o valor médio para os componentes medidos e os componentes modelados. Um cálculo de validação cruzada total é realizado para avaliar o desempenho do modelo produzido. A figura 21 mostra o gráfico da variância de validação explanada total para o modelo de PLS do tipo 1 para o óleo total para miolos de sementes de milho simples versus o número componente de princípio. Como pode ser visto do gráfico na figura 21, o modelo captura 87% da variância de validação total.

[00163] Os resultados do processo de modelagem para o óleo são mostrados na figura 22. Para esse modelo de PLS desenvolvido para o óleo total com 265 amostras de calibração, o coeficiente multivariado de determinação, r^2 , foi 0,93, com um erro padrão de predição, SEP, de 1,23 e uma polarização entre o valor médio para os valores medidos e os valores modelados preditos foi 0,000163.

REIVINDICAÇÕES

1. Método para analisar um lote de sementes em uma amostra agrícola (14) para determinar se sementes individuais das sementes dentro do lote apresentam uma característica independentemente das demais sementes dentro do lote, **caracterizado** pelo fato de que compreende as etapas de:

(A) recebimento da amostra agrícola (14);

(B) direcionamento de luz entre os comprimentos de onda de 900 nm e 1.700 nm na amostra agrícola (14), formando luz refletida ou transmitida a partir da amostra agrícola (14);

(C) dispersão da referida luz refletida ou transmitida para formar luz dispersa;

(D) recebimento da referida luz dispersa em um dispositivo de medição de luz compreendendo uma formação de múltiplos pontos de dados, a formação incluindo uma dimensão espacial definindo múltiplos pontos nas sementes individuais das sementes na amostra agrícola (14) e uma dimensão espectral definindo dados espectrais para a luz dispersa de cada um dos múltiplos pontos de amostra;

(E) liberação de um sinal de dados espectrais para cada um dos referidos múltiplos pontos de dados com o referido dispositivo de medição de luz; e

(F) determinação de se as referidas sementes individuais das sementes na amostra agrícola (14) mostram a referida característica em individuais dos múltiplos pontos de amostra com base nos referidos sinais de dados espectrais.

2. Método, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que a referida característica é uma característica dentre uma característica bioquímica e uma característica morfológica.

3. Método, de acordo com a reivindicação 2, **caracterizado** pelo fato de que a característica é uma característica bioquímica sele-

cionada do grupo que consiste em teor de óleo, teor de proteína, teor de carboidratos, teor de amido, teor de fibras e teor de água.

4. Método, de acordo com a reivindicação 3, **caracterizado** pelo fato de que a característica bioquímica é um teor de amido, em que o teor de amido compreende um fenótipo de amido selecionado do grupo que consiste em amilopectina e amilose.

5. Método, de acordo com a reivindicação 2, **caracterizado** pelo fato de que a característica é uma característica bioquímica selecionada do grupo que consiste em composição de óleo, composição de proteína, composição de carboidrato e composição de fibras.

6. Método, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que:

a característica é uma característica morfológica selecionada de tamanho do endosperma, tamanho do germe, forma da semente, tamanho da semente, cor da semente, textura da superfície da semente, peso da semente, densidade da semente e integridade da semente.

7. Método, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que a luz é refletida da amostra agrícola (14) em cada um dos múltiplos pontos de amostra e transmitida através da amostra agrícola (14) em cada um dos múltiplos pontos de amostra.

8. Método, de acordo com a reivindicação 6, **caracterizado** pelo fato de que a característica morfológica inclui integridade de semente correlacionada com a suscetibilidade ou a resistência a um dente: doenças; infestação de insetos e infestação de fungos.

9. Método, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que a luz dispersa proporciona uma dispersão espectral de pelo menos 150 nm/mm e pelo menos uma resolução espectral de 20 nm.

10. Método, de acordo com a reivindicação 1, **caracteriza-**

do pelo fato de que determinar se a amostra agrícola (14) exibe a dita característica inclui determinar se mais de uma característica é exibida.

11. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que:

determinar se a amostra agrícola (14) inclui uma característica inclui a determinação de uma distribuição espacial relativa da característica dentro da semente.

12. Método, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que a amostra agrícola (14) é selecionada de um grupo que compreende uma semente individual, um lote de sementes e um tecido de planta.

13. Método, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que determinar se a amostra agrícola (14) apresenta a dita característica compreende a determinação de um valor quantitativo da característica exibida em cada um dos pontos de amostra.

14. Método, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que a característica compreende características de mutação de endosperma selecionadas do grupo que consiste em zeínas reduzidas no endosperma e quantidades de aminoácidos.

15. Método, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que a característica compreende um indicador de rompimento de miolo de semente selecionado do grupo que consiste na proporção de endosperma, vítreo para não-vítreo, densidade do miolo da semente, peso médio do miolo da semente, quantidade de pericarpo, qualidade do pericarpo, tamanho do miolo da semente e forma do miolo da semente.

16. Método, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que ainda inclui a classificação da amostra agrícola (14) entre uma pluralidade de destinos com base na presença deter-

minada da característica exibida.

17. Método, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que ainda inclui a seleção de indivíduos preferidos da amostra agrícola (14) com base na presença determinada da característica exibida.

18. Método, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que direcionar a luz inclui o direcionamento de uma linha de luz sobre uma porção da amostra agrícola (14);

em que dispersar a dita luz refletida ou transmitida inclui dispersar a luz refletida ou transmitida em uma imagem espectral correspondente compreendendo uma pluralidade de comprimentos de ondas de componentes para cada um dos pontos de amostra na porção da amostra agrícola (14) ao longo da linha de luz; e

repetir as etapas de (A) até (C) para varrer cada porção da amostra agrícola (14); e

produzir a partir da luz recebida para cada uma das porções varridas de um cubo de dados hiperespectrais para amostra agrícola (14).

19. Método, de acordo com a reivindicação 18, **caracterizado** pelo fato de que:

determinar se a amostra agrícola (14) apresenta uma característica inclui comparar os sinais de dados espectrais contra um modelo para determinar se amostra agrícola (14) mostra a característica em cada um dos pontos de amostra, o modelo associando a existência de um certo sinal de dados espectral com a presença da característica exibida no ponto de amostra correspondente para a amostra agrícola (14).

20. Método, de acordo com a reivindicação 18, **caracterizado** pelo fato de que:

determinar se a amostra agrícola (14) apresenta uma ca-

racterística inclui comparar os sinais de dados espectrais contra um modelo para determinar se a amostra agrícola (14) apresenta a característica em cada um dos pontos de amostra naquela determinada porção da amostra agrícola (14), o modelo associando a existência de certos sinais de dados espectrais com a presença da característica exibida nos pontos de amostra correspondentes da certa porção para a amostra agrícola (14).

21. Método, de acordo com a reivindicação 18, **caracterizado** pelo fato de que:

determinar se a amostra agrícola (14) apresenta uma característica inclui comparar os sinais de dados espectrais porção contra um modelo para determinar se a amostra agrícola (14) exibe a característica na determinada porção da amostra agrícola (14), o modelo associando a existência de certos sinais de dados espectrais para os pontos de amostra espaciais na determinada porção da amostra agrícola (14) com a presença da característica exibida na determinada porção da amostra agrícola (14).

22. Método, de acordo com a reivindicação 21, **caracterizado** pelo fato de que ainda inclui o estabelecimento de média de sinais de dados espectrais associados com os pontos de amostra em uma certa porção para formar um sinal de dados espectral médio para a determinada porção para processamento contra o modelo.

23. Método, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que a etapa de determinar compreende a etapa de comparar os sinais de dados espectrais para cada um dos pontos da amostra no endosperma da semente contra um modelo para determinar se a semente é um haplóide, o modelo associando a existência de sinais de dados espectrais com um fenótipo produzido por uma característica haplóide.

24. Método, de acordo com a reivindicação 23, **caracteri-**

zado pelo fato de que compreende ainda a diferenciação da localização do endosperma na semente.

25. Método, de acordo com a reivindicação 24, **caracterizado** pelo fato de que a etapa de determinar compreende ainda a etapa de processar os sinais de dados espectrais para aqueles pontos da amostra no endosperma da semente para detectar coloração de antocianina, o que indica que a semente é uma haplóide.

26. Método, de acordo com a reivindicação 23, **caracterizado** pelo fato de que compreende ainda a diferenciação da localização do embrião na semente.

27. Método de acordo com a reivindicação 26, **caracterizado** pelo fato de que a etapa de determinação compreende ainda a etapa de processar os sinais de dados espectrais para aqueles pontos da amostra no embrião da semente para detectar uma falta de coloração indicativa de que a semente seja uma haplóide.

28. Sistema (70) para uso na análise de um lote de sementes em uma amostra agrícola (14) para determinar se sementes individuais das sementes dentro do lote apresentam uma característica independentemente de demais sementes dentro do lote, o sistema caracterizado pelo fato de que compreende:

uma fonte de luz (12) compreendendo um filtro de corte próximo ao infravermelho (34), em que a fonte de luz (12) é operável para direcionar luz sobre uma amostra agrícola (14) para produzir luz emitida a partir da amostra agrícola (14);

um espectrográfico (26) operável para dispersar a luz emitida para formar a luz dispersa;

um dispositivo de medição de luz (18) operável para receber a dita luz dispersa, o dispositivo compreendendo uma formação de múltiplos pontos de dados, a formação incluindo uma dimensão espacial definindo múltiplos pontos de amostra nas sementes individuais

das sementes na amostra agrícola (14) e dimensão espectral definindo dados espectrais para luz dispersa a partir de cada um dos múltiplos pontos de amostra, o dispositivo operável para gerar como saída um sinal de dados espectral para cada um dos múltiplos pontos de dados; e

um processador (88) operável para determinar se uma ou mais das sementes individuais exibe uma característica em pontos individuais dos múltiplos pontos de amostra com base nos sinais de dados espectrais.

29. Sistema, de acordo com a reivindicação 28, **caracterizado** pelo fato de que o dito espectrográfico é selecionado do grupo consistindo em um espectrográfico prisma-grade-prisma ou um espectrográfico de grade refletiva.

30. Sistema, de acordo com a reivindicação 28, **caracterizado** pelo fato de que a dita fonte de luz (12) é selecionada do grupo que consiste em halogênio, tungstênio halogênio, halogênio de filamento longo, xenônio, lampejo de xenônio, fluorescente, neon e mercúrio.

31. Sistema, de acordo com a reivindicação 28, **caracterizado** pelo fato de que o dispositivo de medição de luz é selecionado do grupo que consiste em uma câmara de Antimoneto de índio, uma câmara de Telurieto de mercúrio cádmio, uma câmara de Siliciureto de platina, uma câmara de Silício dopado com arsênico, uma câmara de Arseniureto de índio gálio e uma câmara de CCD.

32. Sistema, de acordo com a reivindicação 28, **caracterizado** pelo fato de que a dita característica é uma de uma característica bioquímica e uma característica morfológica.

33. Sistema, de acordo com a reivindicação 32, **caracterizado** pelo fato de que a dita característica bioquímica é selecionada do grupo que consiste em teor de óleo, teor de proteína, teor de car-

boidrato, teor de amido, teor de fibra e teor de água.

34. Sistema, de acordo com a reivindicação 33, **caracterizado** pelo fato de que a característica bioquímica do amido compreende ainda um fenótipo de amido selecionado do grupo que consiste em amilopectina e amilose.

35. Sistema, de acordo com a reivindicação 32, **caracterizado** pelo fato de que a dita característica bioquímica é selecionada do grupo que consiste em composição de óleo, composição de proteína, composição de carboidrato e composição de fibra.

36. Sistema, de acordo com a reivindicação 32, **caracterizado** pelo fato de que a dita característica morfológica é selecionada do tamanho do endosperma, tamanho do germe, forma da semente, tamanho da semente, cor da semente, textura da superfície da semente, peso da semente, densidade da semente e integridade da semente.

37. Sistema, de acordo com a reivindicação 36, **caracterizado** pelo fato de que a dita integridade da semente é correlacionada com a resistência ou com a suscetibilidade a doenças, infestação de insetos e infestação de fungos.

38. Sistema, de acordo com a reivindicação 28, **caracterizado** pelo fato de que a luz direcionada e a luz dispersada têm comprimentos de onda na faixa de 900 a 1700 nanômetros.

39. Sistema, de acordo com a reivindicação 38, **caracterizado** pelo fato de que a dita luz dispersada provê uma dispersão espectral de pelo menos 150 nm/mm e uma resolução espectral de pelo menos 20 nm.

40. Sistema, de acordo com a reivindicação 28, **caracterizado** pelo fato de que a luz emitida é selecionada do grupo que consiste em luz refletida da amostra agrícola (14) em cada um dos pontos de amostra e luz transmitida através da amostra agrícola (14) em cada um dos pontos de amostra.

41. Sistema, de acordo com a reivindicação 28, **caracterizado** pelo fato de que o processador é ainda operável para determinar se mais de uma característica é exibida.

42. Sistema, de acordo com a reivindicação 28, **caracterizado** pelo fato de que o processador é ainda operável para determinar a distribuição espacial relativa da característica dentro da amostra agrícola (14).

43. Sistema, de acordo com a reivindicação 28, **caracterizado** pelo fato de que a amostra agrícola (14) é selecionada do grupo que consiste em uma semente única, um lote de sementes ou um tecido de planta.

44. Sistema, de acordo com a reivindicação 28, **caracterizado** pelo fato de que o processador é ainda operável para determinar uma quantidade quantitativa da característica exibida em cada um dos pontos de amostra espaciais discretos.

45. Sistema, de acordo com a reivindicação 28, **caracterizado** pelo fato de que a dita característica compreende características de mutação de endosperma selecionadas do grupo que consiste em zeínas reduzidas no endosperma e quantidades de aminoácidos.

46. Sistema, de acordo com a reivindicação 28, **caracterizado** pelo fato de que a dita característica compreende um indicador de rompimento de miolo de semente selecionado do grupo que consiste na proporção de endosperma, vítreo para não-vítreo, densidade do miolo da semente, peso médio do miolo da semente, quantidade de pericarpo, qualidade do pericarpo, tamanho do miolo da semente e forma do miolo da semente.

47. Sistema, de acordo com a reivindicação 28, **caracterizado** pelo fato de que ainda inclui:

meios (80) para medir o peso da amostra agrícola (14), e em que o processador é ainda operável para determinar

uma quantidade quantitativa da característica exibida por peso medido da amostra agrícola (14).

48. Sistema, de acordo com a reivindicação 28, **caracterizado** pelo fato de que ainda inclui um dispositivo de seleção (86) que seleciona indivíduos preferidos da amostra agrícola (14) para distribuição em certos destinos com base na presença determinada da característica certa exibida.

49. Sistema, de acordo com a reivindicação 28, **caracterizado** pelo fato de que a fonte de luz (12) direciona uma linha de luz em uma porção da amostra agrícola (14) para produzir a luz emitida;

em que o espectrográfico dispersa a luz emitida para formar a luz dispersa para cada dos pontos de amostra na porção da amostra agrícola (14) ao longo da linha de luz;

em que o dispositivo de medição de luz recebe a dita luz dispersa a partir de cada ponto de amostra ao longo da linha da luz; e

incluindo ainda meios (84) para mover a amostra agrícola (14) em relação à linha de luz para rastrear cada parte da amostra agrícola (14).

50. Sistema, de acordo com a reivindicação 49, **caracterizado** pelo fato de que o processador é ainda operável para produzir a partir da luz recebida de cada ponto de amostra espacial discreto para cada uma das partes rastreadas um cubo de dados hiperespectrais para a amostra agrícola (14).

51. Sistema, de acordo com a reivindicação 50, **caracterizado** pelo fato de que o processador é ainda operável para processar comprimentos de onda de componentes detectados no cubo de dados hiperespectrais contra um modelo para determinar se a amostra agrícola (14) exibe uma certa característica em cada um dos pontos de amostra, o modelo associando a existência de certos comprimentos de

onda de componentes no cubo de dados hiperespectrais com a presença de certa característica exibida no ponto de amostra correspondente para a amostra agrícola (14).

52. Sistema, de acordo com a reivindicação 50, **caracterizado** pelo fato de que o processador é ainda operável para processar comprimentos de onda de componentes detectados no cubo de dados hiperespectrais associados com pontos de amostra em uma certa parte da amostra agrícola (14) contra um modelo para determinar se a amostra agrícola (14) exibe uma certa característica em cada um dos pontos de amostra nessa certa parte, o modelo associando a existência de certos comprimentos de onda de componentes no cubo de dados hiperespectral com a presença da certa característica exibida nos pontos de amostra correspondentes da certa parte para a amostra agrícola (14).

53. Sistema, de acordo com a reivindicação 50, **caracterizado** pelo fato de que o processador é ainda operável para processar comprimentos de onda de componentes detectados no cubo de dados hiperespectrais associados com pontos de amostra em uma certa parte da amostra agrícola (14) contra um modelo para determinar se a amostra agrícola (14) exibe uma certa característica em certa parte, o modelo associando a existência de certos comprimentos de onda de componentes para pontos de amostra na certa porção com a presença da certa característica exibida na certa porção da amostra agrícola (14).

54. Sistema, de acordo com a reivindicação 53, **caracterizado** pelo fato de que o processador é ainda operável para fazer a média dos comprimentos de onda de componentes detectados no cubo de dados hiperespectrais associados com pontos de amostra em uma certa parte da amostra agrícola (14) para formar um espectro médio para uma certa parte para processamento contra o modelo.

55. Sistema, de acordo com a reivindicação 49, **caracterizado** pelo fato de que ainda inclui:

um contentor de amostra (16) para conter a amostra agrícola (14); e

em que os meios para mover compreendem um estágio de translação linear que sustenta o contentor de amostra e sendo operável para mover o contentor de amostra em relação ao espectrográfico para efetuar uma varredura de luz a partir da fonte de luz (12), e a produção de comprimentos de onda mistos emitidos em uma pluralidade de pontos de amostra espaciais discretos, a amostra agrícola (14) mantida no mesmo.

56. Sistema, de acordo com a reivindicação 28, **caracterizado** pelo fato de que compreende ainda um dispositivo de processamento (72) selecionado do grupo que consistem em um ceifador, um debulhador e uma combinação para prover a amostra agrícola (14).

57. Sistema, de acordo com a reivindicação 28, **caracterizado** pelo fato de que o processador é operável para comparar os sinais de dados espectrais para cada um dos pontos de amostra no endosperma da semente contra um modelo para determinar se a semente é um haplóide, o modelo associando a existência de certos sinais de dados espectrais com um fenótipo produzido por uma característica de haplóide.

58. Sistema, de acordo com a reivindicação 57, **caracterizado** pelo fato de que o processador ainda é operável para diferenciar a localização do endosperma dentro da semente e processar os sinais de dados espectrais para aqueles pontos de amostras dentro do endosperma da semente para detectar coloração de antocianina indicativa de que a semente é um haplóide.

59. Sistema, de acordo com a reivindicação 57, **caracterizado** pelo fato de que o processador ainda é operável para diferenciar

a localização do embrião dentro da semente e processar os sinais de dados espectrais para aqueles pontos de amostras dentro do embrião da semente para detectar a ausência de coloração indicativa de que a semente é um haplóide.

60. Sistema, de acordo com a reivindicação 28, **caracterizado** pelo fato de que o processador é ainda operável para processar os sinais de dados espectrais contra um modelo para determinar se a amostra agrícola (14) exibe a característica em cada um dos pontos de amostra, o modelo associando a existência de certos sinais de dados espectrais com a presença na determinada característica exibida no ponto de amostra espacial discreto correspondente para produto agrícola.

61. Sistema, de acordo com a reivindicação 28, **caracterizado** pelo fato de que o referido dispositivo de medição de luz é uma câmara que possui um plano focal tendo mais de 75.000 pixels, menos de um passo de 20 microns, e uma taxa de quadro em excesso de 25 quadros por segundo.

1/25

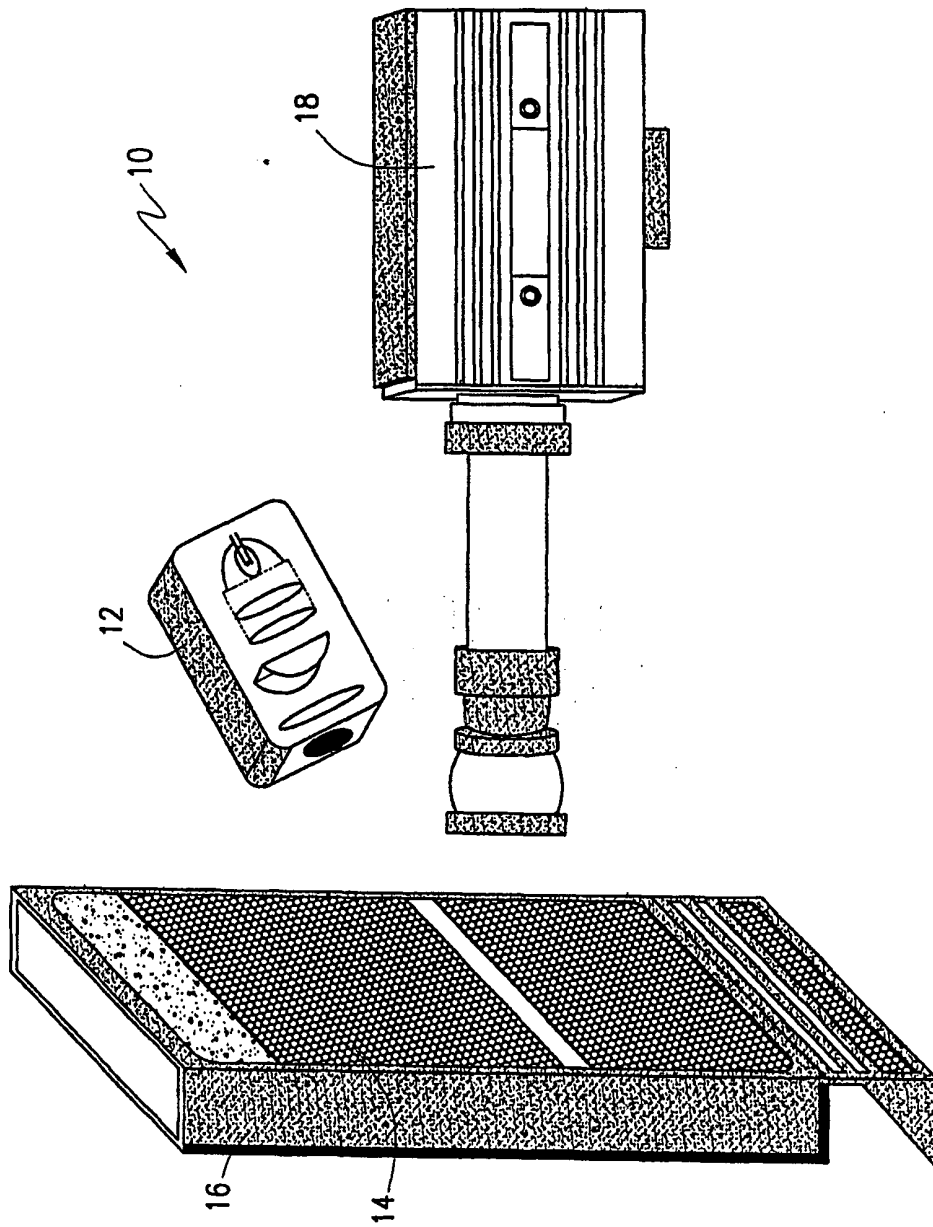


FIG. 1

2/25

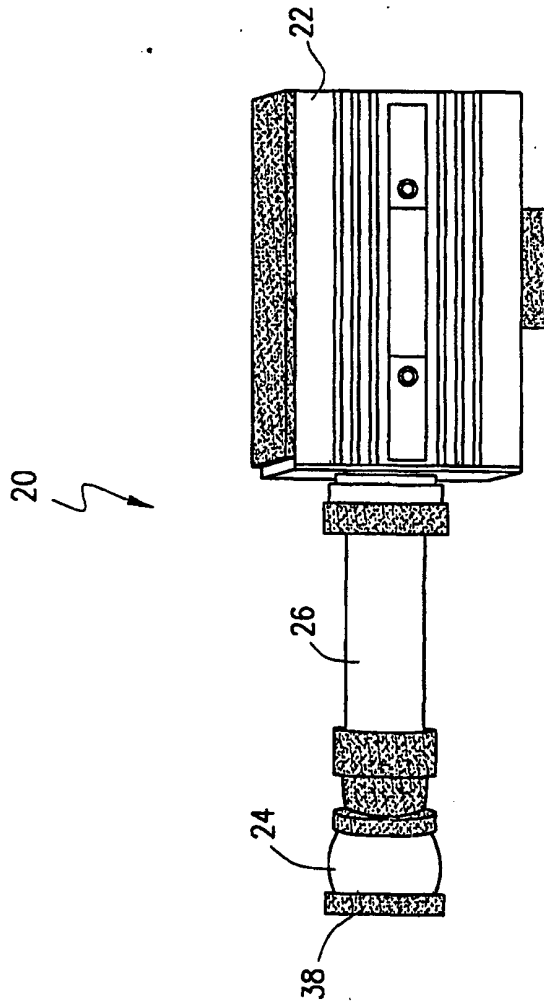


FIG. 1a

3/25

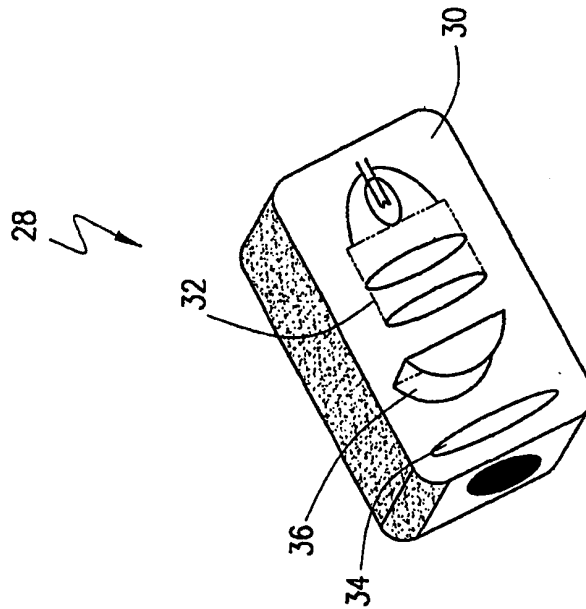


FIG. 1b

4/25

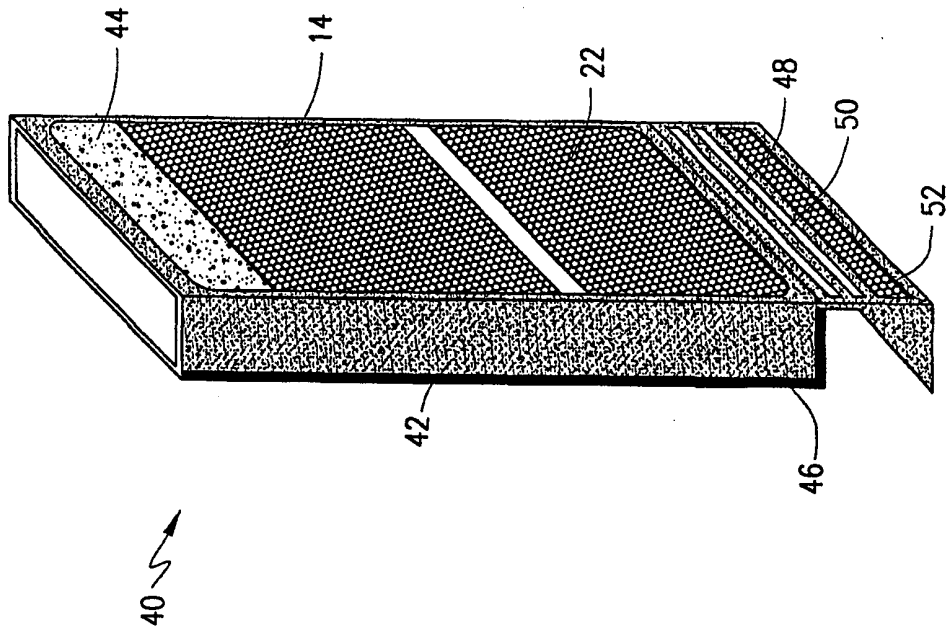


FIG. 1c

5/25

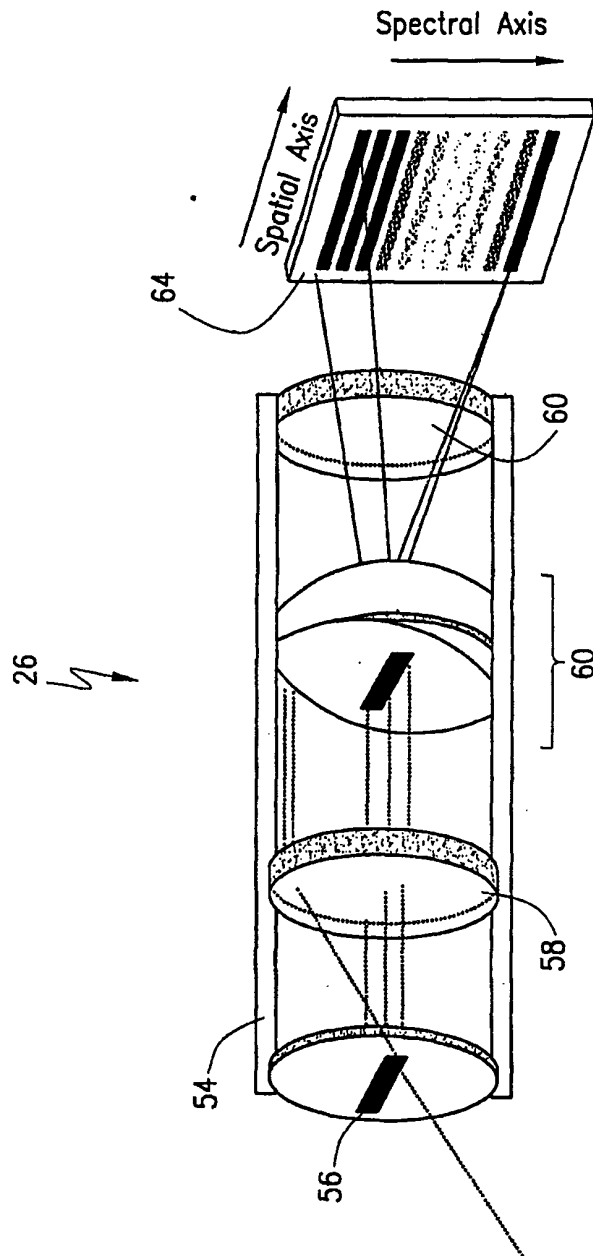


FIG. 2

6/25

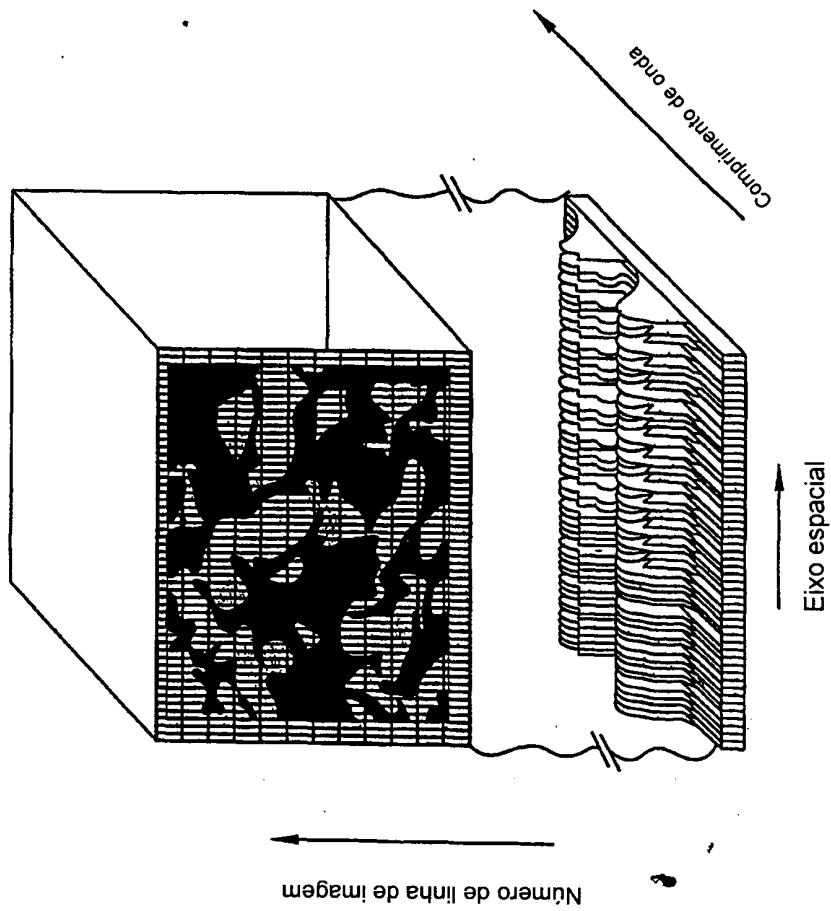


FIG. 3

7/25

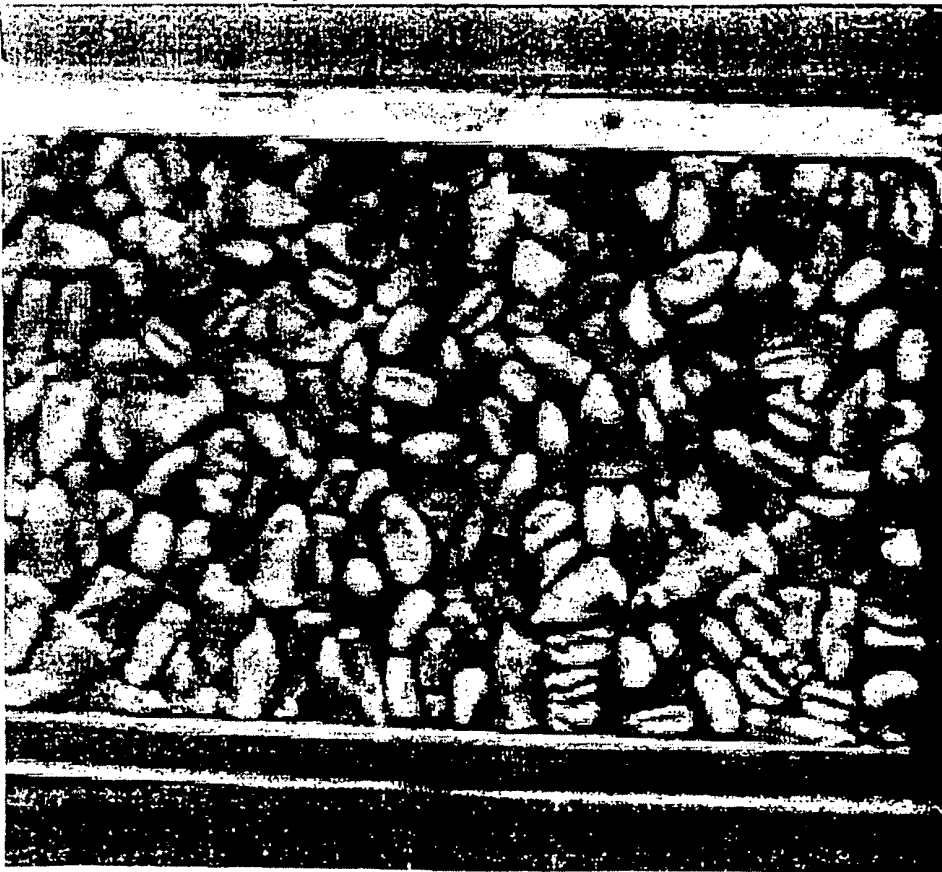


FIG. 4

8/25

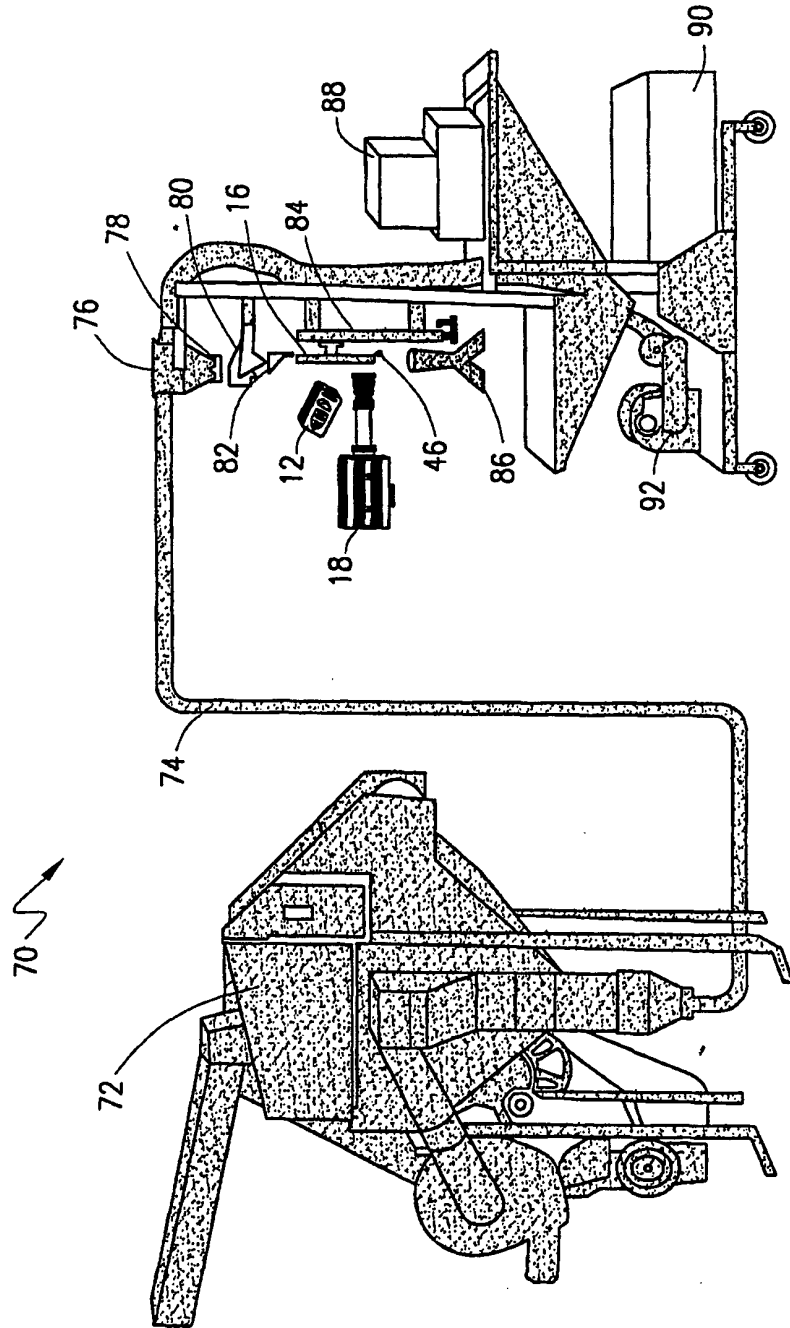


FIG. 5

9/25

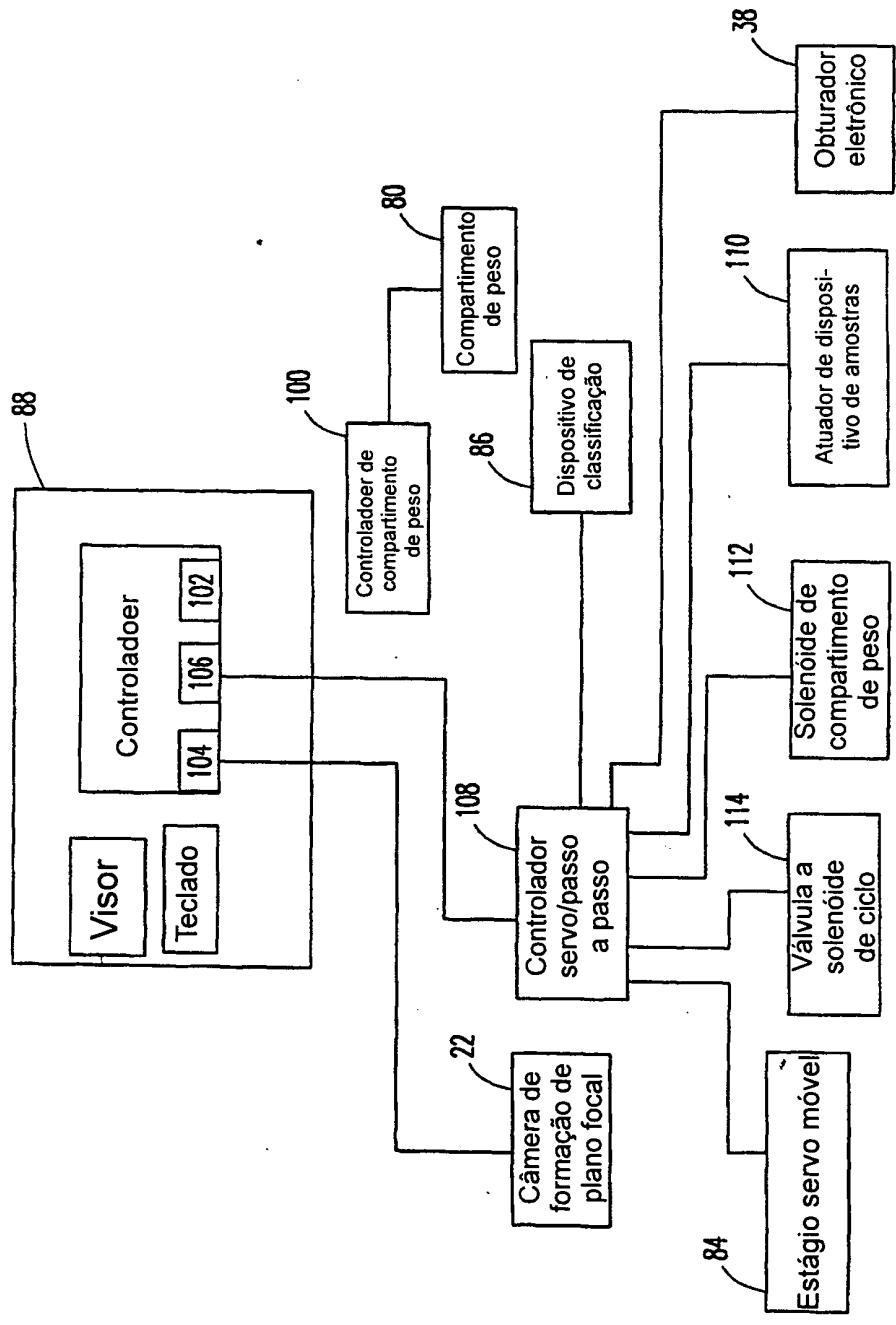


FIG. 6

10/25

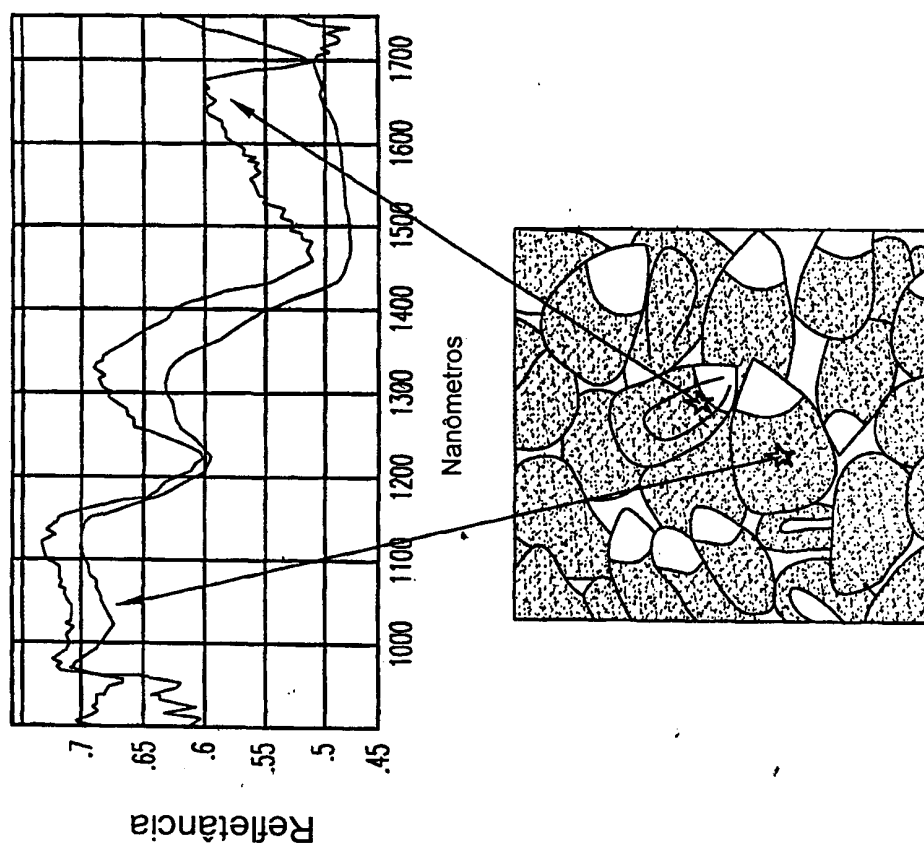
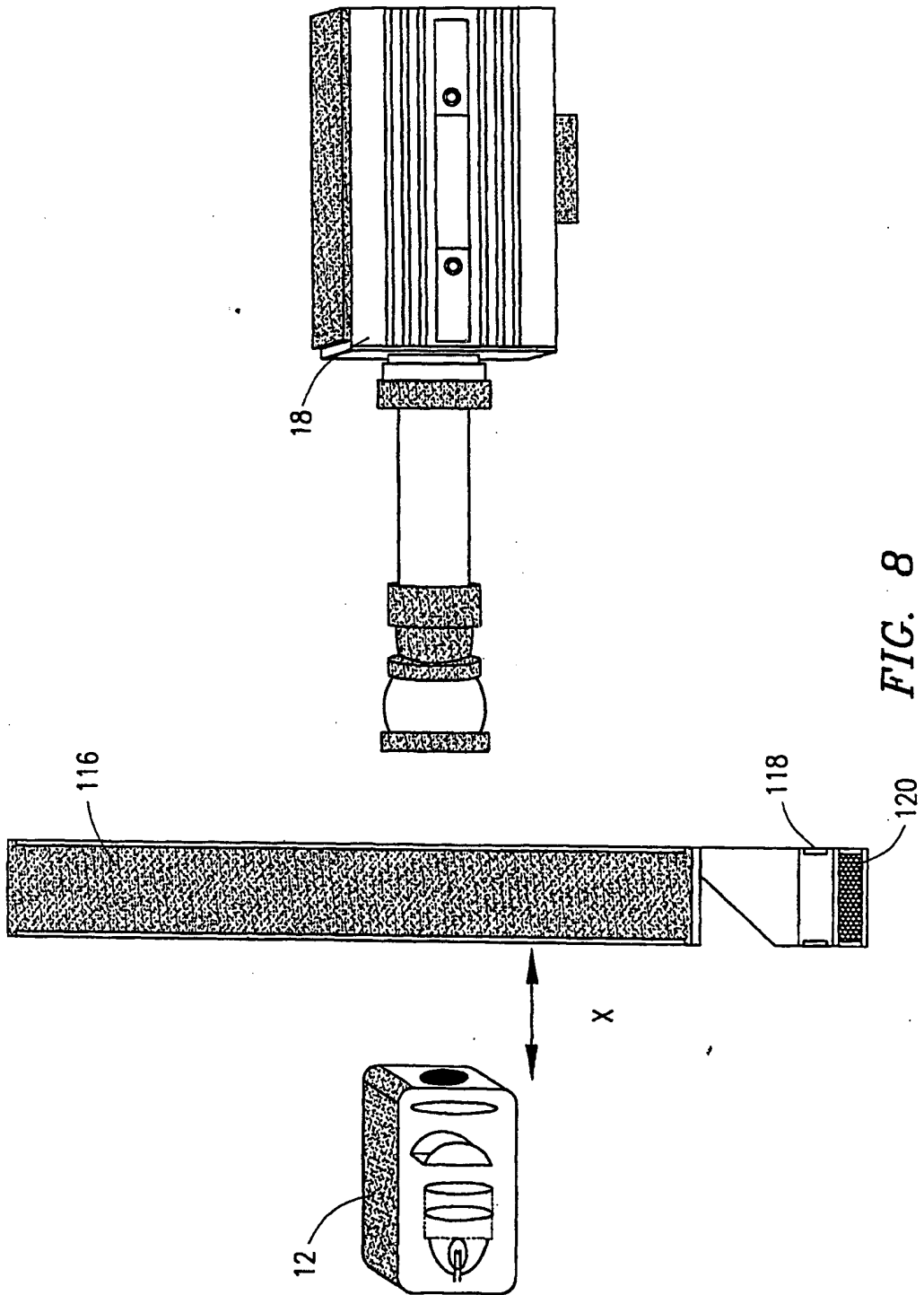


FIG. 7

11/25



12/25

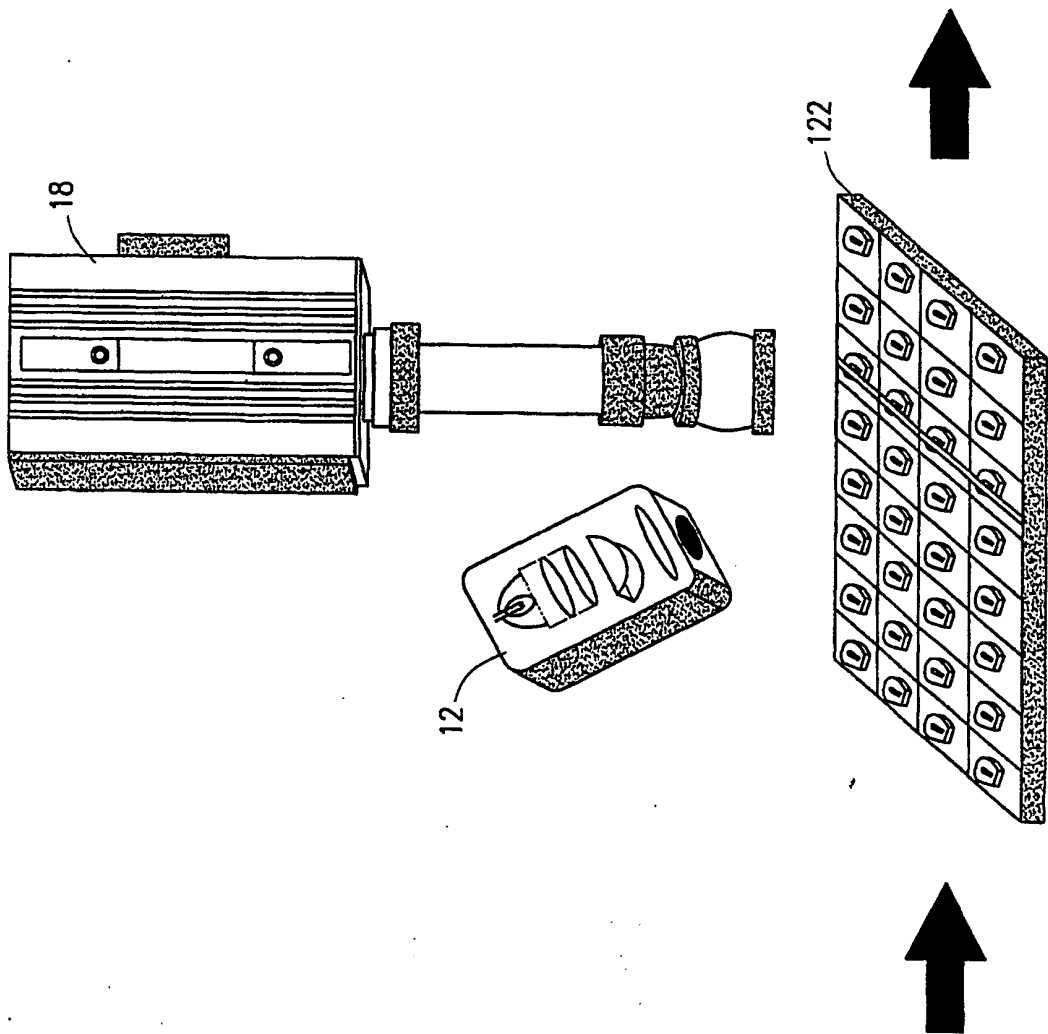


FIG. 9

13/25

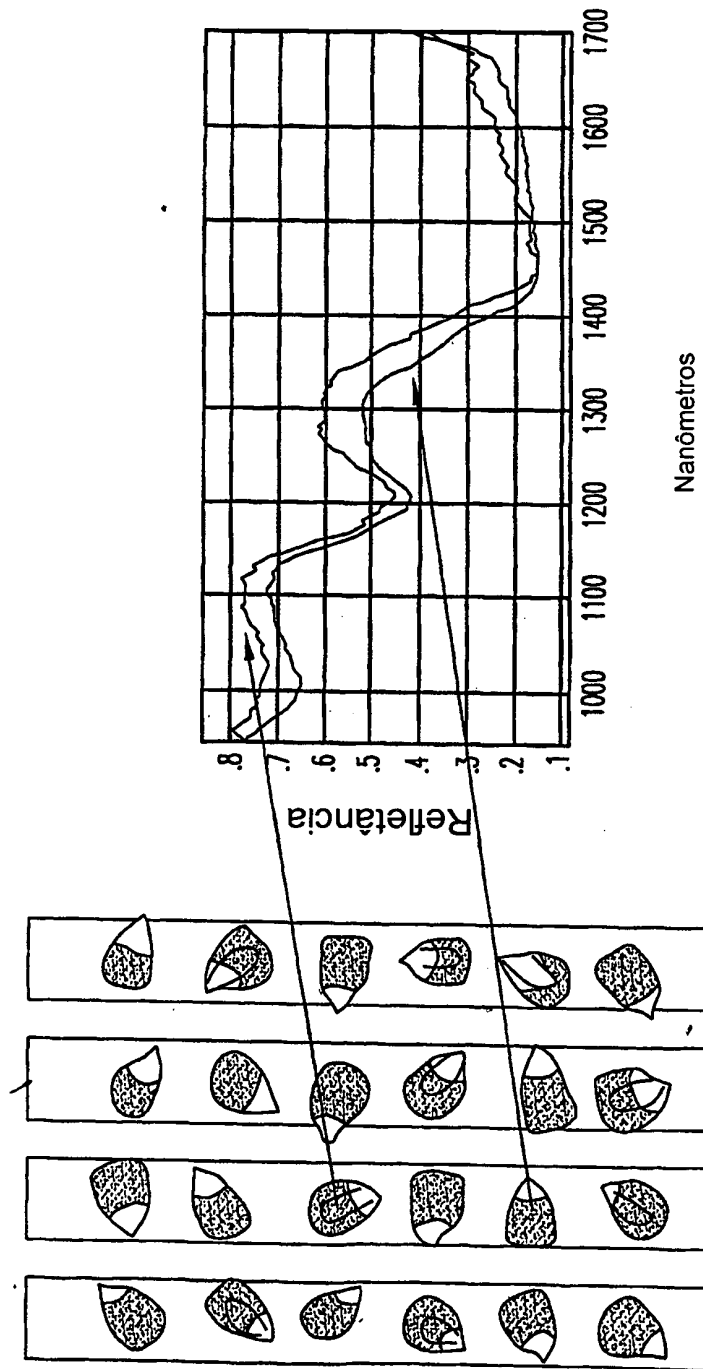


FIG. 10

Espectros de refletância média para 96 amostras de conjunto de milho usadas para desenvolvimento de modelo de calibração

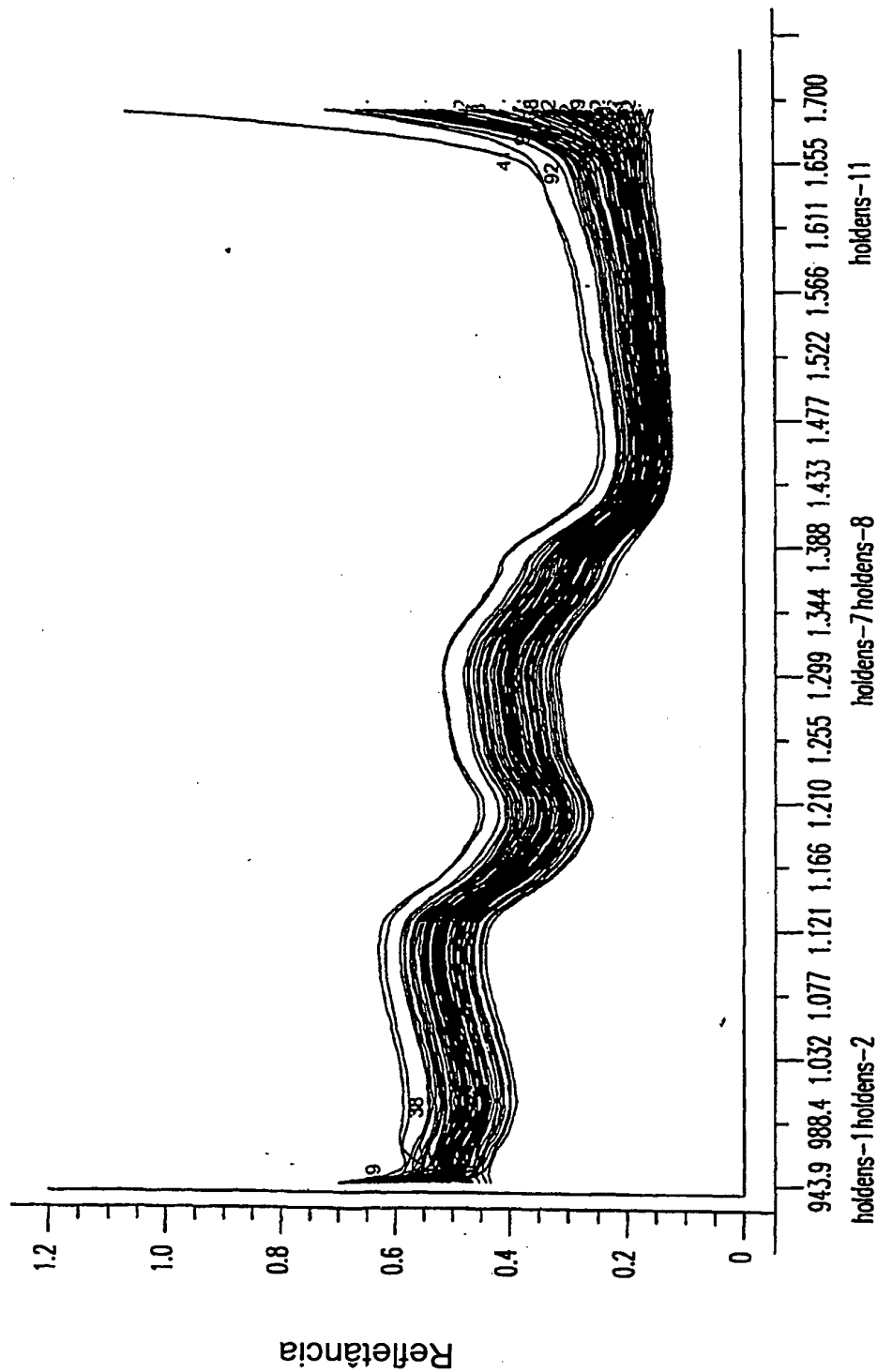
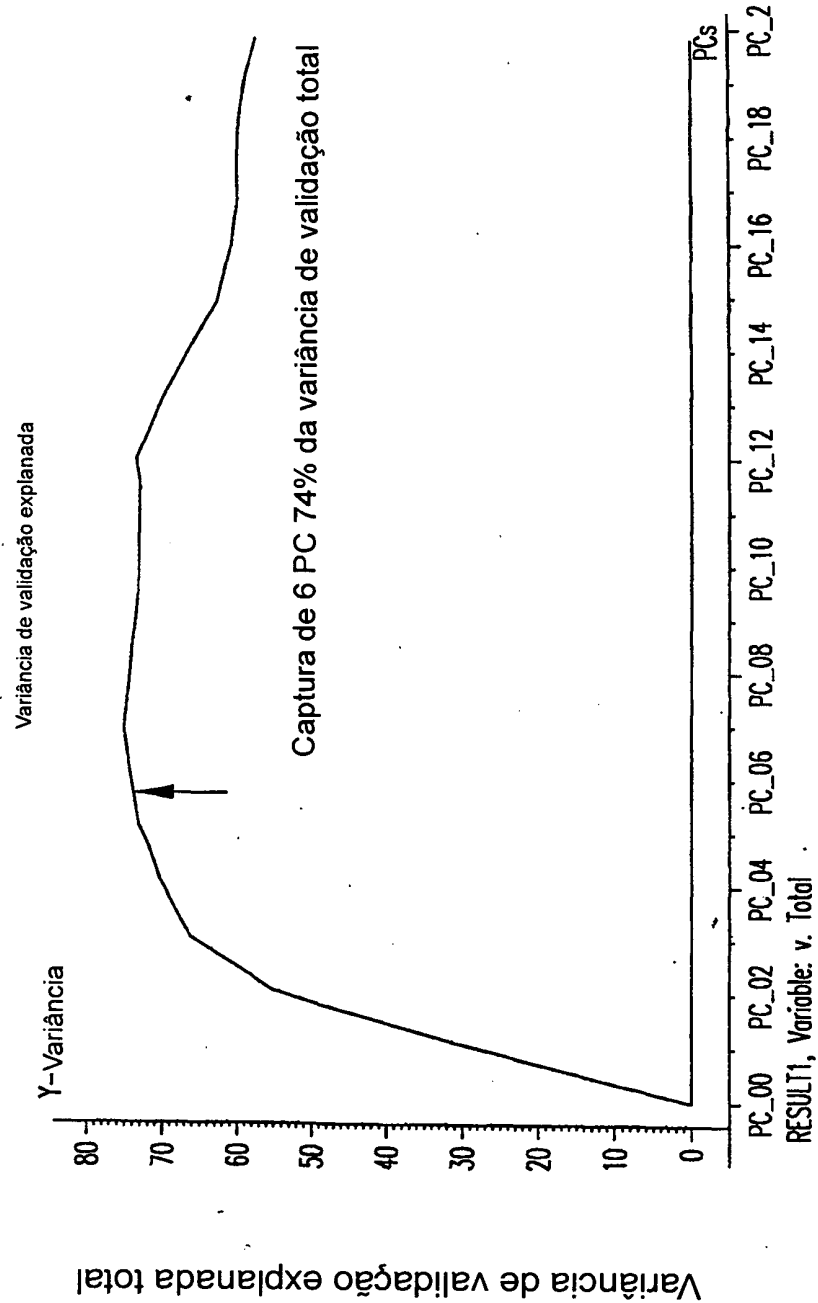


FIG. 11

Variação de validação explanada total versus PC#, milho em conjunto



Número de componente de princípio

96 amostras de conjunto de milho medidas com sistema de formação de imagem de varredura de linha de e correlacionadas com dados obtidos de algumas amostras processadas no analisador de grãos intrefec 1221

FIG. 13

Teor de óleo total, milho de conjunto

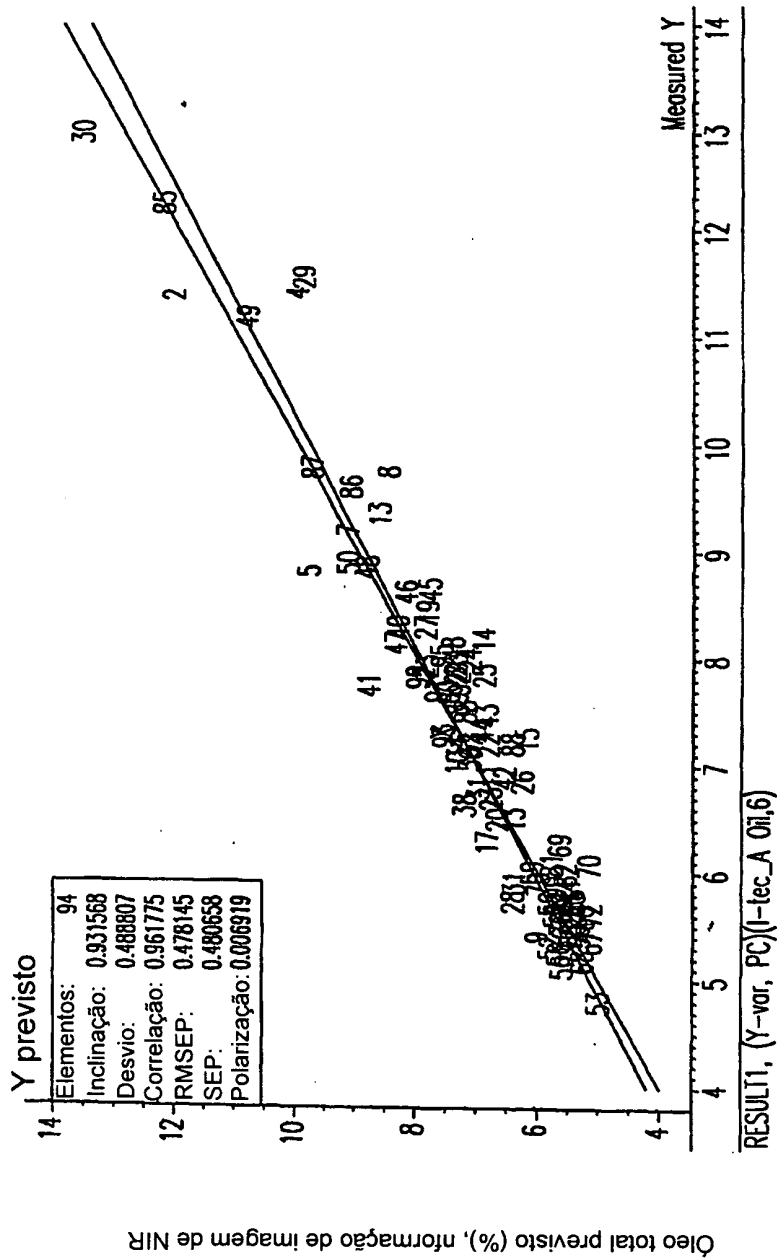
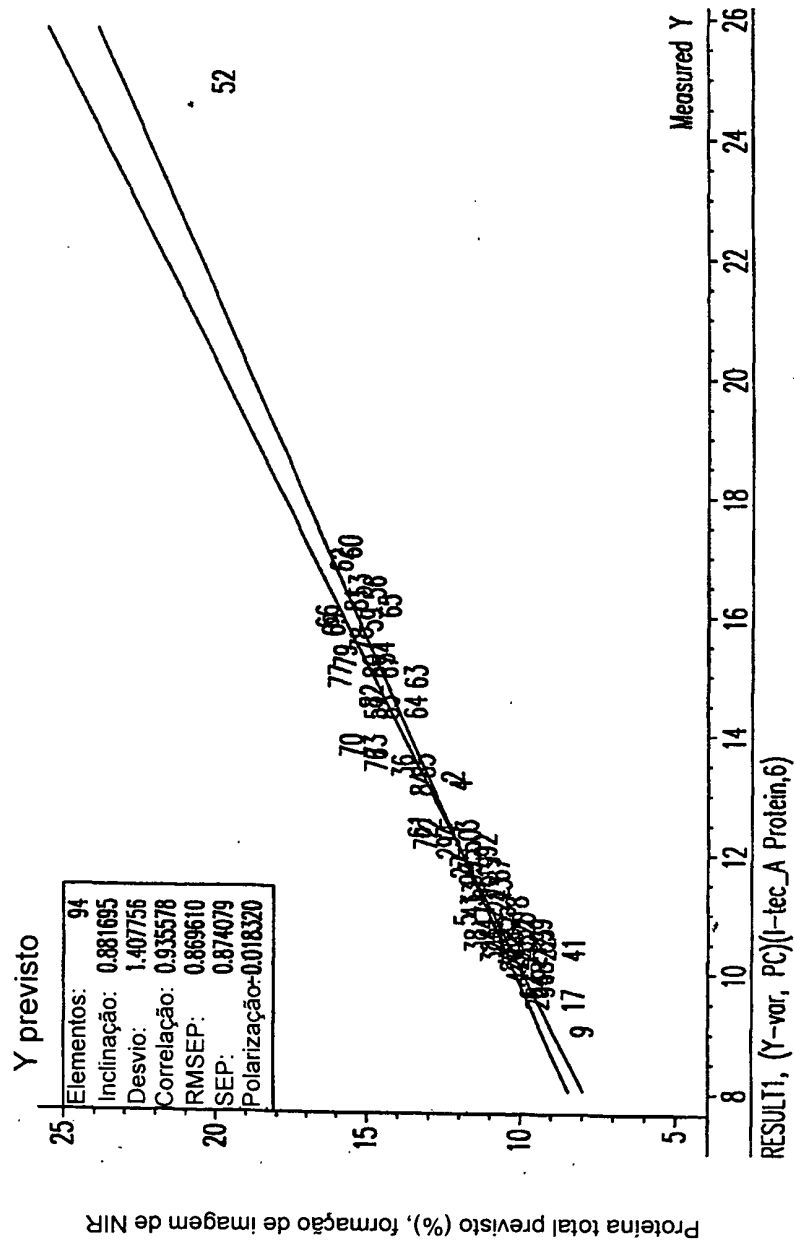


FIG. 14

96 amostras de conjunto de milho medidas com sistema de formação de imagem de varredura de linha e correlacionadas com dados obtidos de algumas amostras processadas no analisador de grãos intreatec 1221

Teor de proteína total, milho de conjunto

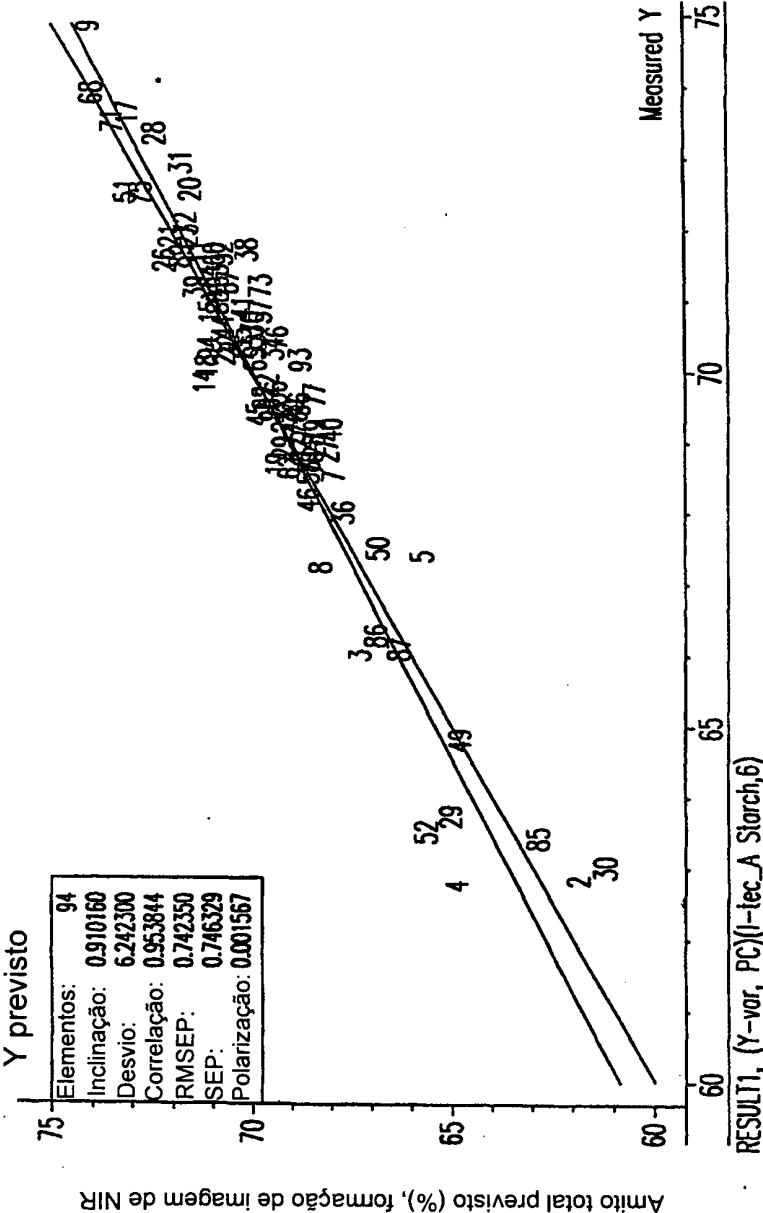


Referência, proteína total (%)

96 amostras de conjunto de milho medidas com sistema de formação de imagem de varredura de linha e correlacionadas com dados obtidos de algumas amostras processadas no analisador de grãos intreatec 1221

FIG. 15

Teor de amido total, milho de conjunto



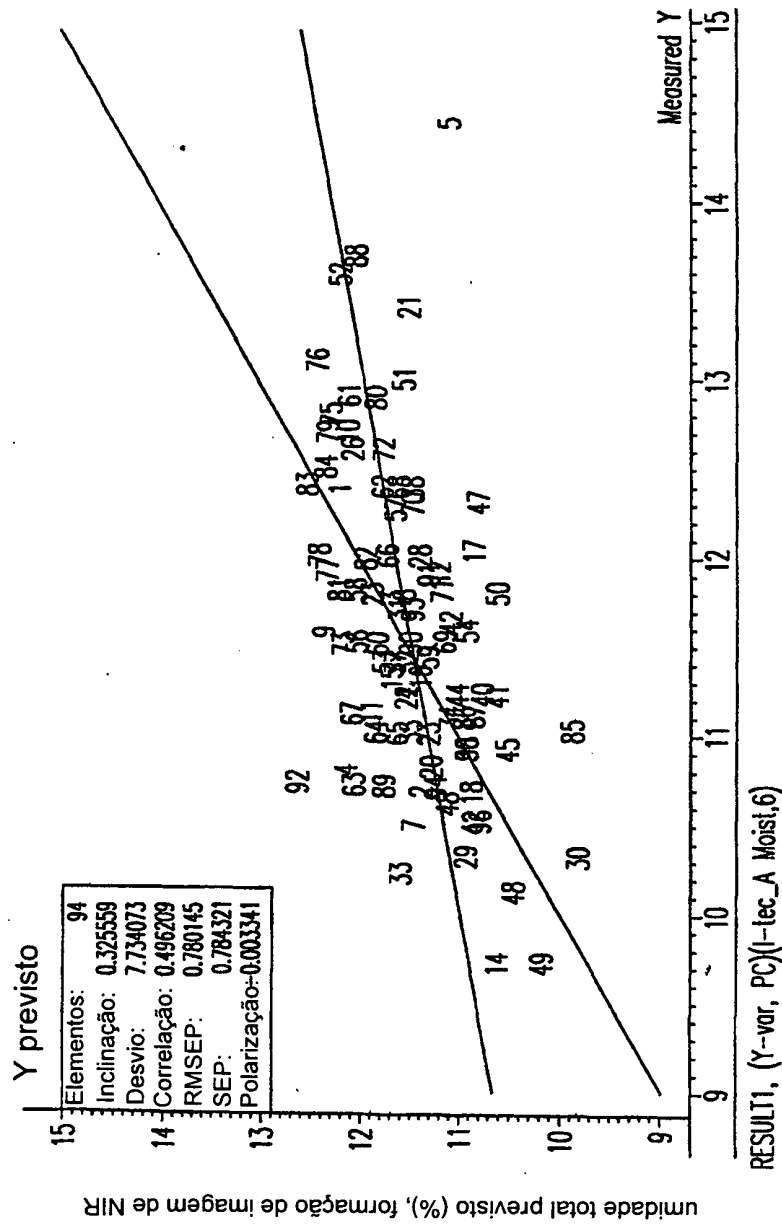
Referência, amido total (%)

96 amostras de conjunto de milho medidas com sistema de formação de imagem de varredura de linha e correlacionadas com dados obtidos de algumas amostras processadas no analisador de grãos intreatec 1221

FIG. 16

20/25

Teor de umidade total, milho de conjunto



Referência, umidade total (%)

96 amostras de conjunto de milho medidas com sistema de formação de imagem de varredura de linha e correlacionadas com dados obtidos de algumas amostras processadas no analisador de grãos intreatec 1221

FIG. 17

Sumário de mínimo quadrados parciais (PLS)
desempenho de modelo do tipo 2, validação cruzada total

<u>Componente</u>	<u>R²</u>	<u>SEP</u>	<u>Inclinação</u>	<u>Polarização</u>
Óleo	0.962	0.48	0.93	0.0069
Proteína	0.936	0.87	0.88	-0.018
Amido	0.954	0.75	0.91	0.0016
Umidade	0.496	0.78	0.32	-0.0033

6 componentes de princípio usados no modelo

FIG. 18

22/25

Espectros de refletância média para 288 amostras de miolos de sementes individuais de milho usadas para o desenvolvimento de modelo de calibração

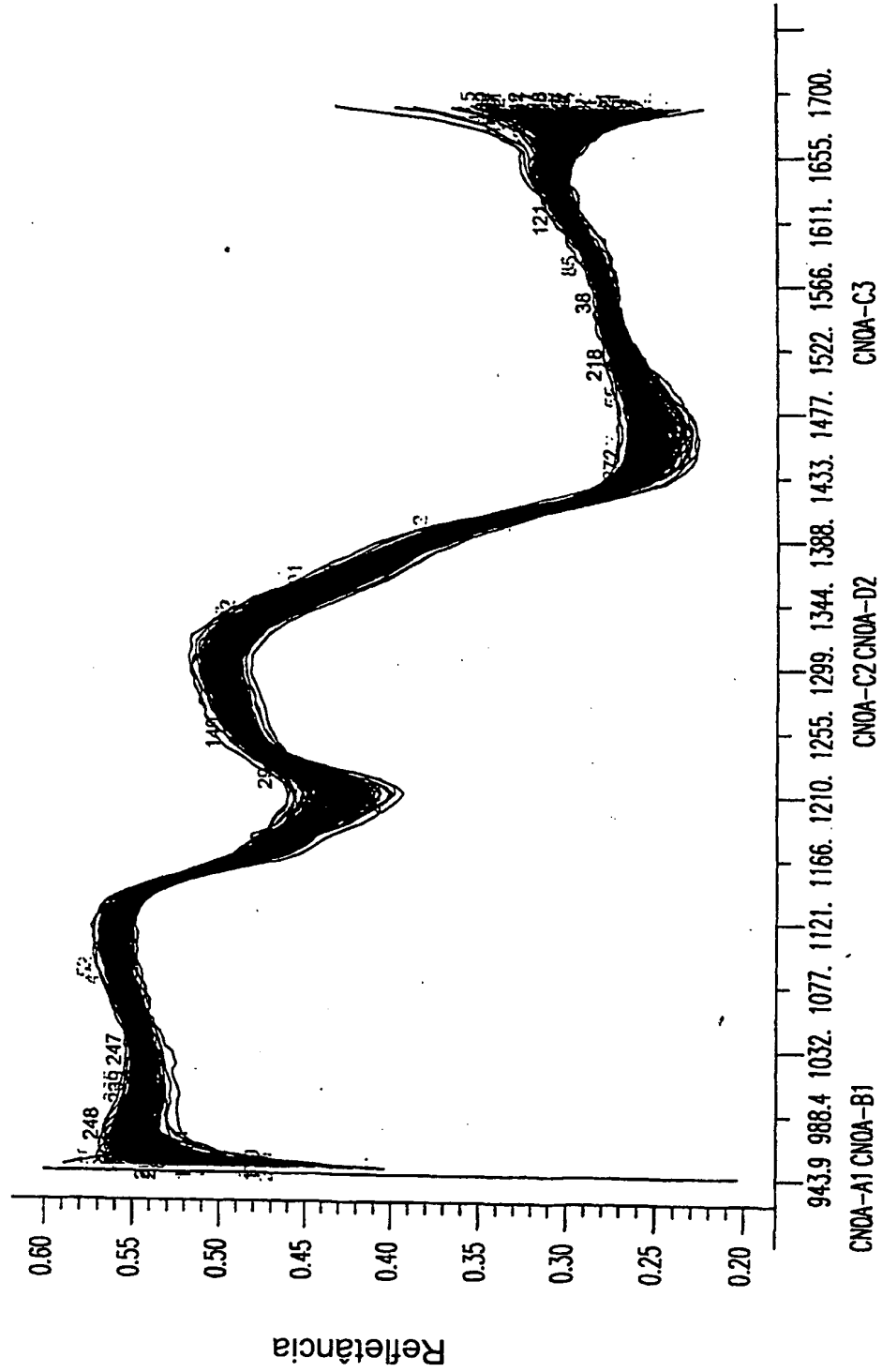


FIG. 19

Espectros de refletância típicos para as amostras de miolos de sementes individuais de milho usadas para o desenvolvimento de modelo de calibração

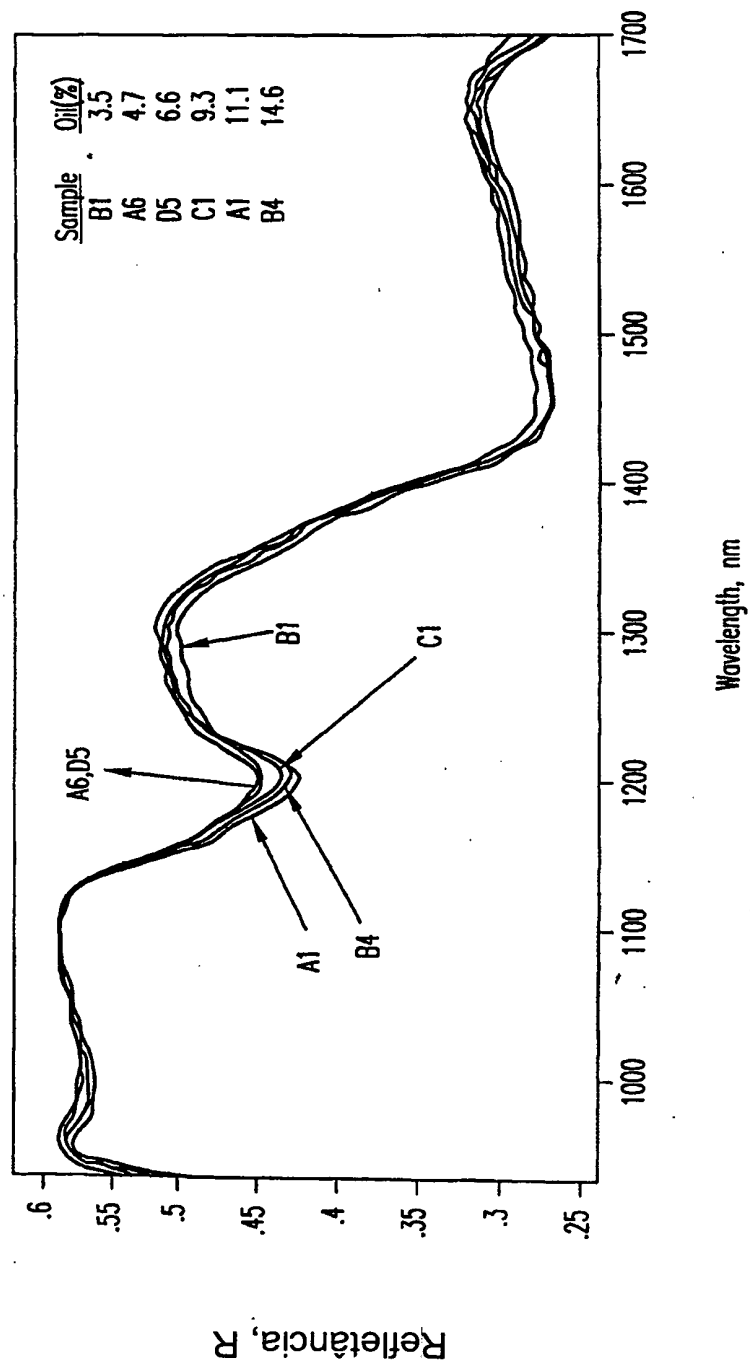
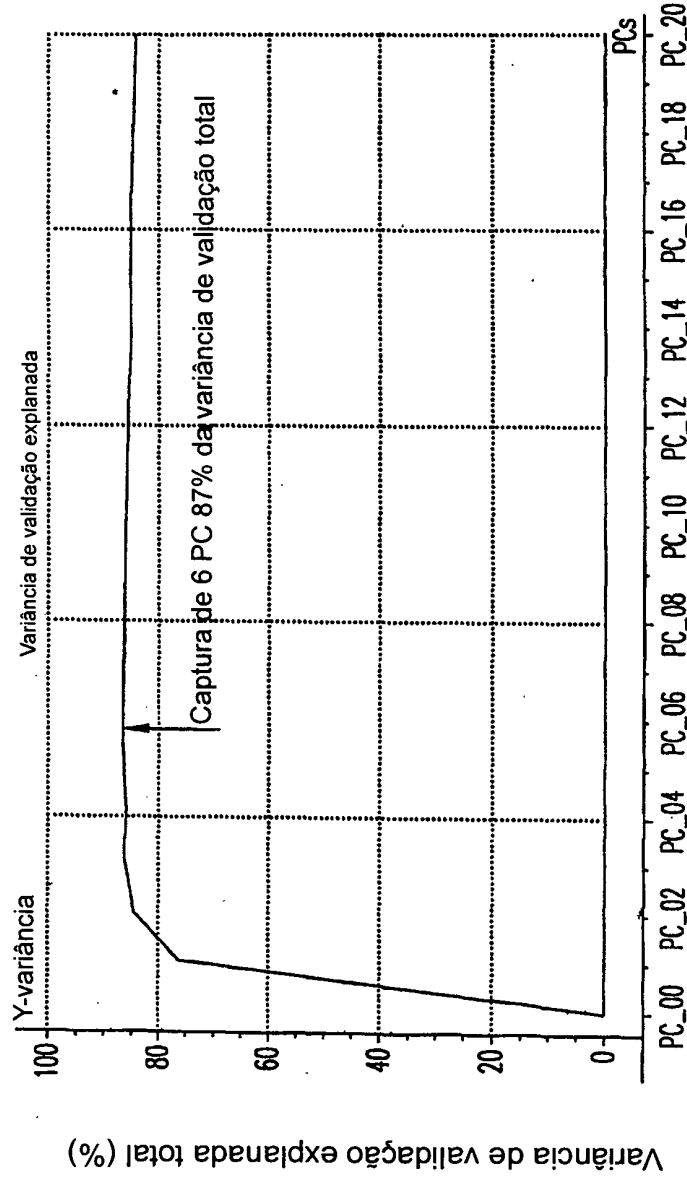


FIG. 20

24/25

Variação de validação explanada total versus PC#, milho - miolos sementes individuais

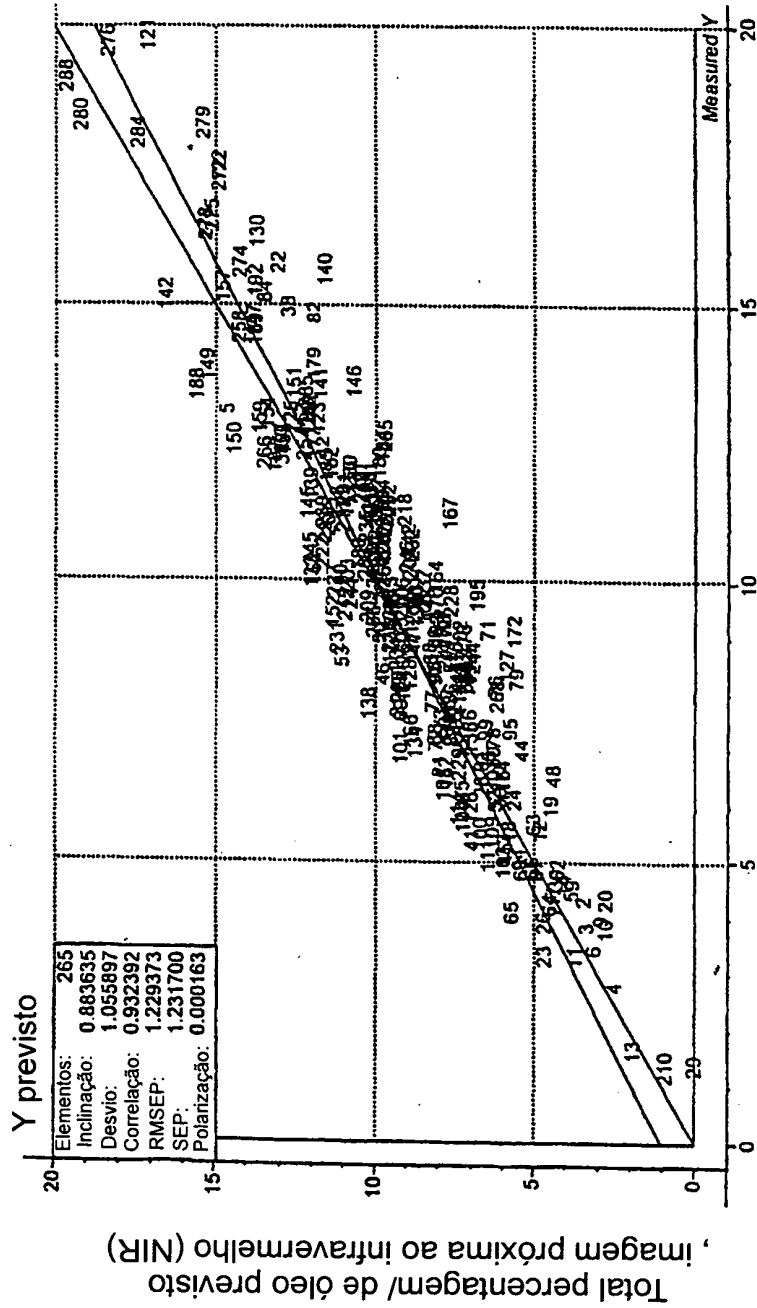


Número de componente de principio

FIG. 21

25/25

Conteúdo total de óleo, milho de kernel único



Percentual de total óleo de referência

FIG. 22