

(12) **FASCÍCULO DE PATENTE DE INVENÇÃO**

(22) Data de pedido: <b>2003.08.08</b>	(73) Titular(es): <b>LATTEC I/S</b> <b>SLANGERUPGADE 69 3400 HILLEROD</b> <b>DK</b> <b>UNIVERSITY OF AARHUS</b> <b>DK</b>
(30) Prioridade(s): <b>2002.08.16 DK 200201217</b> <b>2002.08.16 US 403645 P</b> <b>2002.09.06 DK 200201315</b> <b>2002.09.06 US 408286 P</b>	(72) Inventor(es): <b>NIC C. FRIGGENS</b> <b>DK</b> <b>KAUS LONNE INGVARSEN</b> <b>DK</b> <b>INGE RIIS KORSGAARD</b> <b>DK</b> <b>TORBEN LARSEN</b> <b>DK</b> <b>PETER LOEVENDAHL</b> <b>DK</b>
(43) Data de publicação do pedido: <b>2005.06.15</b>	(74) Mandatário: <b>ÁLVARO ALBANO DUARTE CATANA</b> <b>AVENIDA MARQUÊS DE TOMAR, Nº 44, 6º 1069-229 LISBOA</b> <b>PT</b>
(45) Data e BPI da concessão: <b>2011.11.09</b> <b>036/2012</b>	

(54) Epígrafe: **SISTEMA E MÉTODO PARA OBSERVAÇÃO E PREVISÃO DO ESTADO FISIOLÓGICO DE UM ANIMAL**

(57) Resumo:

É FORNECIDO UM SISTEMA PARA OBSERVAÇÃO E PREVISÃO DO ESTADO FISIOLÓGICO DE UM ANIMAL. O REFERIDO SISTEMA É COMPOSTO POR: UM COMPUTADOR COM PROCESSADOR QUE SE ENCONTRA FUNCIONALMENTE LIGADO A UMA BASE DE DADOS, PELO MENOS UM DISPOSITIVO DE FORNECIMENTO DE AMOSTRAS PARA O FORNECIMENTO REPETIDO DE, PELO MENOS, UMA AMOSTRA DE UM FLUIDO CORPORAL DO ANIMAL, UM APARELHO DE ANÁLISE PARA EXAMINAR PELO MENOS UMA AMOSTRA DE FORMA A OBTER PELO MENOS UM VALOR AMOSTRAL DE, PELO MENOS, UM PARÂMETRO DO FLUIDO CORPORAL, UM INTERFACE DE DADOS PARA INTRODUIR REPETIDAMENTE O VALOR AMOSTRAL DO PELO MENOS UM PARÂMETRO NA BASE DE DADOS, ONDE A BASE DE DADOS É ADAPTADA PARA ARMAZENAR MÚLTIPLAS ENTRADAS DE DADOS REPRESENTATIVAS DO VALOR AMOSTRAL DO PELO MENOS UM PARÂMETRO EM VÁRIOS PONTOS TEMPORAIS E ONDE O PROCESSADOR É PROGRAMADO PARA: REALIZAR, PELO MENOS, UM TRATAMENTO MATEMÁTICO DE, PELO MENOS, UM VALOR AMOSTRAL E, SELECIONAR, COM BASE EM PELO MENOS UMA ANÁLISE MATEMÁTICA, O MOMENTO EM QUE SE DEVE FORNECER UMA AMOSTRA SUBSEQUENTE E REALIZAR UMA ANÁLISE SUBSEQUENTE DA REFERIDA AMOSTRA PARA PELO MENOS UM DOS PARÂMETROS.

## **RESUMO**

### ***SISTEMA E MÉTODO PARA OBSERVAÇÃO E PREVISÃO DO ESTADO FISIOLÓGICO DE UM ANIMAL***

É fornecido um sistema para observação e previsão do estado fisiológico de um animal. O referido sistema é composto por: um computador com processador que se encontra funcionalmente ligado a uma base de dados, pelo menos um dispositivo de fornecimento de amostras para o fornecimento repetido de, pelo menos, uma amostra de um fluido corporal do animal, um aparelho de análise para examinar pelo menos uma amostra de forma a obter pelo menos um valor amostral de, pelo menos, um parâmetro do fluido corporal, um interface de dados para introduzir repetidamente o valor amostral do pelo menos um parâmetro na base de dados, onde a base de dados é adaptada para armazenar múltiplas entradas de dados representativas do valor amostral do pelo menos um parâmetro em vários pontos temporais e onde o processador é programado para: realizar, pelo menos, um tratamento matemático de, pelo menos, um valor amostral e, seleccionar, com base em pelo menos uma análise matemática, o momento em que se deve fornecer uma amostra subsequente e realizar uma análise subsequente da referida amostra para pelo menos um dos parâmetros.

## **DESCRIÇÃO**

### ***SISTEMA E MÉTODO PARA OBSERVAÇÃO E PREVISÃO DO ESTADO FISIOLÓGICO DE UM ANIMAL***

#### **Campo técnico**

[0001] A presente invenção refere-se a sistemas e métodos para observação e previsão do estado fisiológico de um animal. A título de exemplo, o animal pode ser uma vaca. Os sistemas e métodos da invenção baseiam-se numa amostra de um fluido corporal do animal, como a urina, o sangue ou o leite.

#### **Antecedentes da invenção**

[0002] É geralmente desejável observar, vigiar e prever o estado fisiológico de um animal, particularmente no caso dos animais de criação. Assim, os fluidos corporais de animais, em particular o leite, a urina e o sangue, podem ser analisados para obter os valores de parâmetros como a contagem celular no leite, a lactato desidrogenase (LDH), a N-acetil- $\beta$ -D-glucosaminidase (NAGase), os corpos cetónicos como o acetoacetato, o beta-hidroxibutirato (BHB) e a acetona, o teor da ureia, a progesterona ou outros, que, individualmente ou em combinação com outros, indicam um determinado estado fisiológico. Por exemplo, uma concentração elevada de LDH normalmente indicia mastite, enquanto que o teor de progesterona pode indicar uma gravidez.

[0003] A técnica anterior propôs vários métodos para a análise de amostras de leite. Por exemplo, a Patente US 5.252.829 apresenta um método para a determinação da quantidade de ureia no leite. Numa amostra de leite, a absorção de radiação infravermelha pode ser detectada em vários intervalos de comprimento de onda, pelo que se

depreende que a ureia, a gordura, a lactose e as proteínas a absorvem em diferentes intervalos de comprimento de onda.

**[0004]** A Patente US 6.405.672 e de Mol (2000) revelam um sistema e um método de monitorização da condição física de um rebanho de gado, em que os erros entre os valores previstos segundo o modelo de séries temporais e os valores medidos correspondentes são utilizados para determinar um intervalo de confiança para uma previsão individual para cada animal, a significância de um erro entre uma previsão e um valor medido relativamente à probabilidade desse animal estar no cio (estro) ou sofrer de uma doença é automaticamente avaliada para cada animal individualmente.

**[0005]** A Patente WO 00/39578 descreve um método para estimativa da contagem de células num fluido corporal, tal como o leite, por gravação de um espectro MID-IR, análise dos dados que representam a informação espectral no espectro registado através da utilização de métodos quimiométricos multivariados para as propriedades decorrentes e/ou concentrações de informação espectral como a Regressão por Mínimos Quadrados Parciais (PLS-R), a Regressão Linear Múltipla (MLR), a Regressão de Componentes Principais (PCR) ou as Redes Neurais Artificiais (ANN), e obtenção de informação acerca do número de células no fluido corporal a partir do espectro registado. A vantagem é a de que o espectro MID-IR é regularmente medido e registado para amostras de leite e é possível obter uma estimativa da contagem de células a partir dos dados já registados. A fim de aumentar a fiabilidade de uma estimativa associada à probabilidade de um possível ataque de mastite devem ser incluídas, preferencialmente, medições de condutividade, temperatura e produção de leite.

**[0006]** A Patente WO 01/28415 descreve um sistema de base de dados e um método para a recolha e organização de dados relacionados com o estado fisiológico de animais, de modo a beneficiar a sua qualidade e esperança de vida. O sistema consiste numa gestão computadorizada de bases de dados relacionada com a avaliação fenotípica do estado de saúde, mapeamento genético e rastreio genético de animais.

### **Resumo da invenção**

**[0007]** Um primeiro aspecto da presente invenção fornece um sistema de observação e previsão do estado fisiológico de um animal, com o intuito de fornecer uma ferramenta otimizada para observar e prever o estado fisiológico de um animal, que inclui:

- um computador com processador que se encontra funcionalmente ligado a uma base de dados,
- pelo menos um dispositivo de fornecimento de amostras para o fornecimento repetido de, pelo menos, uma amostra de fluido corporal do animal,
- um aparelho de análise para examinar pelo menos uma amostra de forma a obter pelo menos um valor amostral de pelo menos um parâmetro do fluido corporal,
- uma interface de dados para introdução repetida de pelo menos um parâmetro na base de dados,

onde a base de dados é adaptada para o armazenamento de múltiplas entradas de dados representativas do valor amostral de, pelo menos, um parâmetro em vários instantes e onde o processador é programado para:

- realizar, pelo menos, um tratamento matemático de pelo menos um valor amostral, e

- seleccionar, com base em pelo menos uma análise matemática, o momento em que deve ser fornecida uma amostra subsequente e realizar uma análise subsequente da referida amostra para pelo menos um dos parâmetros.

**[0008]** Num segundo aspecto, a presente invenção fornece um método para observação e previsão do estado fisiológico de um animal, método esse que inclui:

- fornecer repetidamente pelo menos uma amostra de fluido corporal do animal,
- analisar pelo menos uma amostra, de forma a obter pelo menos um valor amostral ou pelo menos um parâmetro do fluido corporal,
- introduzir o valor amostral do pelo menos um parâmetro numa base de dados de um sistema informático,

em que a base de dados é carregada com múltiplas entradas de dados representativas do valor amostral de, pelo menos, um parâmetro em diversos pontos temporais, e

- realizar pelo menos uma análise matemática de pelo menos um valor amostral, e
- seleccionar, com base em pelo menos uma análise matemática, o momento em que deve ser fornecida uma amostra subsequente e realizar uma análise subsequente da referida amostra para pelo menos um dos parâmetros.

**[0009]** Nos sistemas e métodos mencionados, a análise matemática é de preferência um método estatístico.

**[0010]** A análise estatística deve ser, de preferência, seleccionada do grupo constituído pela análise univariada das entradas de dados para obter um primeiro conjunto de dados representativo dos valores amostrais esperados de,

pelo menos, um dos parâmetros em pontos temporais futuros e pela análise multivariada das entradas de dados para produzir um segundo conjunto de dados derivados da análise combinada dos valores amostrais de pelo menos dois parâmetros. O primeiro e segundo conjuntos de dados podem ser combinados para obter um terceiro conjunto de dados representativo do estado fisiológico do animal e o primeiro, segundo e terceiro conjuntos de dados podem ser armazenados na base de dados.

**[0011]** Os tipos de análise univariada e multivariada utilizáveis na presente invenção serão divulgados através dos exemplos não limitativos posteriormente adiante na especificação.

**[0012]** A fim de melhorar a medição de pelo menos um parâmetro para a observação e previsão do estado fisiológico de um animal, a base de dados inclui, pelo menos, um valor externo de pelo menos um parâmetro externo. O parâmetro externo será posteriormente divulgado na especificação.

**[0013]** Numa modalidade da presente invenção, pelo menos um parâmetro externo é incluído na base de dados, tal como pelo menos 2 parâmetros externos, por exemplo, 3 parâmetros externos, tal como pelo menos 4 parâmetros externos, por exemplo, 5 parâmetros externos, tal como pelo menos 6 parâmetros externos, por exemplo, 10 parâmetros externos, tal como pelo menos 15 parâmetros externos, por exemplo, 25 parâmetros externos, tal como pelo menos 50 parâmetros externos.

**[0014]** O método compreende ainda o passo para que é programado o sistema, de execução da análise das entradas de dados para obtenção de uma indicação do estado

fisiológico do animal, pelo que o valor externo é incluído na análise de dados.

**[0015]** É altamente vantajoso que um sistema e um método de monitorização do desempenho de produção ideais sejam capazes de gerar dados analíticos quantitativos para parâmetros seleccionados, para os quais mesmo variações diárias relativamente pequenas sejam altamente preditivas de mudança, por exemplo, no estado geral de saúde, na condição fisiológica, nos estados nutricional e energético, no estado do ciclo éstrico ou gravidez, dos indivíduos da população a ser testada. Isto requer que o sistema fornecido permita análises quantitativas frequentes de forma rentável.

**[0016]** Adicionalmente, é uma característica vantajosa desta invenção os parâmetros poderem ser analisados de modo dinâmico e inteligente, isto é, que apenas os parâmetros presentes num determinado momento do ciclo de reprodução e/ou lactação de indivíduos da população devam ser analisados numa determinada amostra de leite. Isto é conseguido pelo fornecimento de um sistema informático para armazenamento de dados que inclui os estados fisiológico e nutricional do referido indivíduo da população, assim como dados indicadores do momento em que este se encontra nos ciclos de reprodução e lactação. Um aparelho de análise para analisar uma pluralidade de parâmetros numa amostra gera um sinal detectável na presença de um parâmetro de amostra individual. A determinação da necessidade de análise de um parâmetro é controlada pelo computador que armazena dados referentes aos estados fisiológico e nutricional de cada indivíduo da população, de modo a que a análise seja activada apenas em momentos seleccionados ou com determinados intervalos de tempo. Neste contexto, uma característica interessante é a de que o computador com



dados armazenados para os estados fisiológico e nutricional de cada indivíduo da população é continuamente actualizado com novos dados, de forma que a selecção da gama de parâmetros que são analisados numa determinada amostra, num determinado ponto temporal, se baseia num conjunto de dados constantemente actualizado para o membro da população específico.

**[0017]** O sistema e o método seleccionam, com base em pelo menos uma análise matemática, o momento para obtenção de uma amostra subsequente e para a realização da análise da referida amostra subsequente relativamente a pelo menos um dos parâmetros. Esta selecção é, por exemplo, fornecida assim que o valor amostral de um parâmetro seleccionado difira em mais do que uma determinada medida de desvio  $X$  do valor amostral esperado, aumentando assim a frequência de amostragem para medição do parâmetro seleccionado. Na situação em que o valor amostral do parâmetro seleccionado não se afaste mais do que a medida definida de  $X$  de um valor amostral esperado, a frequência de amostragem pode ser reduzida para medição do parâmetro seleccionado. A medida de desvio  $X$  pode ser uma medida relativa ou absoluta. A medida de desvio acima mencionada pode facilmente ser determinada de acordo com métodos matemáticos e estatísticos bem conhecidos pelo especialista na área.

**[0018]** De acordo com a presente invenção, a pelo menos uma análise matemática envolve:

- uma análise univariada das entradas de dados, para obter um primeiro conjunto de dados representativo dos valores amostrais esperados de, pelo menos, um dos parâmetros em pontos temporais futuros,

- uma análise multivariada das entradas de dados, para produzir um segundo conjunto de dados originado a partir da análise combinada de valores amostrais de, pelo menos, dois dos parâmetros,
- combinação do primeiro e segundo conjuntos de dados para obter um terceiro conjunto de dados representativo do estado fisiológico do animal, e
- armazenamento do primeiro, segundo e terceiro conjuntos de dados na base de dados.

**[0019]** Os benefícios da análise de dados univariada e multivariada são utilizados de modo a observar e prever com maior rigor o estado fisiológico, através da consideração de uma pluralidade de parâmetros. Assim, é realizada uma análise rigorosa, que resulta numa indicação do estado actual, tendo em vista a possibilidade de previsão de estados futuros. As modalidades do sistema da invenção podem estar dispostas perto dos animais como, por exemplo, numa sala de ordenha de uma quinta, e podem ser operadas pelo produtor ou técnico agrícola. Deste modo, as indicações iniciais do estado fisiológico de, por exemplo, vacas numa manada, podem ser facultadas ao produtor sem que este tenha de envolver um veterinário na avaliação inicial do estado fisiológico de, por exemplo, uma vaca.

**[0020]** No presente contexto, o termo "estado fisiológico" deve ser entendido como um estado no sentido geral. Por exemplo, este pode um estado associado à saúde, abrangendo estados relativos a doenças clínicas e subclínicas, reprodução ou estado energético.

**[0021]** No presente contexto, o termo "população" refere-se a um grupo relevante de animais, por exemplo, um rebanho específico, uma raça particular, um grupo de rebanhos com

características em comum, como o sistema de produção, ou uma população regional ou nacional.

**[0022]** O termo "análise univariada de dados" refere-se à análise de dados em que são examinados dados relativos a uma só variável. A análise univariada de dados pode compreender a análise de variáveis univariadas correlacionadas.

**[0023]** O termo "análise multivariada de dados" refere-se à análise de dados em que são examinados dados relativos a pelo menos duas variáveis.

**[0024]** Deve ser entendido que um resultado da análise univariada ou multivariada pode ser usado como um dado de entrada para análises posteriores. As análises posteriores podem ser univariadas ou multivariadas. Por exemplo, o produto de uma Análise de Componentes Principais (PCA) pode ser usado como um dado de entrada para o Modelo Espaço de Estados (SSM) ou vice-versa.

**[0025]** O computador e a base de dados não necessitam de estar localizados no mesmo local físico. Por exemplo, o computador, incluindo o processador, pode ser inserido num aparelho de análise que se encontra nas proximidades de um rebanho animal como, por exemplo, num estábulo, ao passo que a base de dados pode estar inserida num computador pessoal num escritório afastado do estábulo ou numa *mainframe* situada numa unidade remota de processamento de dados.

**[0026]** As modalidades específicas e características dos aspectos da invenção são evidentes a partir das reivindicações apensas e da descrição detalhada da invenção que se segue. Deve ser entendido que a descrição abaixo não é de qualquer forma limitada aos aspectos particulares da

invenção. Pelo contrário, a discussão aplica-se igualmente bem a qualquer aspecto da invenção.

### **Breve descrição das figuras**

**[0027]** A invenção será agora descrita, em função das figuras que a acompanham, nas quais:

As Figs. 1 e 2 ilustram as contagens de células medidas vs. a análise de dados para várias vacas.

A Fig. 3 contém um gráfico (gráfico A) de dados simulados e gráficos (gráficos B, C e D) que representam os produtos de um filtro de Kalman multiprocesso estendido.

A Fig. 4 mostra um diagrama geral do fluxo de informação, com base na presente invenção.

As Figs. 5a e 5b mostram o fluxo de informação segundo uma modalidade da presente invenção no decurso da análise direccionada ao BHB e à cetose.

As Figs. 6a e 6b mostram o fluxo de informação segundo uma modalidade da presente invenção no decurso da análise direccionada aos indicadores da mastite (por exemplo, NAGase ou LDH) e à mastite.

As Figs. 7a-7d mostram o fluxo de informação segundo uma modalidade da presente invenção no decurso da análise direccionada à progesterona e à reprodução.

A Fig. 8 mostra o fluxo de informação segundo uma modalidade da presente invenção no decurso da análise direccionada à ureia e ao estado das proteínas.

A Fig. 9 mostra o fluxo de informação segundo uma modalidade da presente invenção no decurso da análise

direccionada à gordura e proteínas do leite, e ao estado energético.

### **Descrição detalhada das figuras**

[0028] Uma das ferramentas para a análise multivariada de dados é a Análise de Componentes Principais (PCA), também referida na literatura como "análise factorial". Resumindo, na análise multivariada de dados as variáveis manifestas são substituídas por variáveis latentes. As variáveis manifestas são directas e mensuráveis, ou seja, no presente contexto as variáveis manifestas são também referidas como valores amostrais, tais como a concentração de gordura ou de lactose no leite. As variáveis latentes são somas ponderadas das variáveis manifestas. A título de exemplo, as variáveis latentes  $t_1$  e  $t_2$  são determinadas como  $t_1 = 0,45*\%gordura + 0,12*\%lactose$  e  $t_2 = 0,05*\%gordura + 0,72*\%lactase$ . Aqui  $t_1$  e  $t_2$  são projecções das variáveis manifestas, %gordura e %lactose, em vectores  $[0,45; 0,12]$  e  $[0,05; 0,72]$ . As variáveis latentes determinadas através da selecção adequada de ponderações, e.g. autovectores de uma matriz de variáveis manifestas, incluem informação acerca de todas as variáveis manifestas, independentemente do seu número. Deste modo, a informação constante numa agregação de dados pode ser diferenciada ou separada de ruído aleatório. Para além disso, as ponderações podem ser visualizadas de forma a possibilitar a extracção de informação relativa às variáveis manifestas e as variáveis latentes podem também ser visualizadas para possibilitar a extracção de informação relativa aos objectos como, por exemplo, animais como vacas, para os quais tenham sido realizadas medições.

[0029] As variáveis manifestas podem ser fornecidas através da utilização de qualquer método analítico

conhecido na área. Os exemplos ilustrativos de tais meios de análise incluem os ensaios com base enzimática ou imunológica, biossensores, ensaios bioquímicos, ensaios de espectrometria, ensaios químicos por via húmida, e ensaios por injeção sequencial e em fluxo, que sejam adequados para a análise. Preferencialmente, os meios de análise são concebidos para executar medições quantitativas. Numa modalidade útil, os meios de análise compreendem meios analíticos de suporte sólido ou dispositivos que podem, por exemplo, estar na forma de tiras de teste que incluem o(s) reagente(s) apropriado(s) que, na presença do composto em análise, gera(m) um sinal detectável. Adicionalmente, os meios de análise podem compreender ou ser operacionalmente ligados a meios para o armazenamento e transporte de tais dispositivos analíticos de suporte sólido.

**[0030]** A agregação de dados pode ser, convenientemente, organizada ou armazenada numa tabela na base de dados. Por exemplo, as variáveis medidas podem ser organizadas em colunas da tabela e os objectos, por exemplo, a identificação das vacas, ordenados em linhas. Esta tabela é referida como X. Na análise PCA, as ponderações acima mencionadas podem ser os elementos nos autovectores para a matriz de correlação de X. O número de autovectores relevantes, que regula o número de variáveis latentes relevantes, depende do conteúdo da informação em X. Por exemplo, tabelas de dimensão 30 - 1000 x 20 poderiam produzir um número de variáveis latentes de, e.g., 20 a 30, assim como de 2 a 30 e, usualmente, de 2 a 8.

**[0031]** Um estado fisiológico de um animal, como o seu estado de saúde, pode ser determinado a partir da comparação entre um padrão de parâmetros medidos, ou seja, de valores amostrais, com um parâmetro de referência (ou um valor do parâmetro de referência) que é típico para animais

saudáveis ou com um padrão típico para animais que sofrem de uma determinada patologia, respectivamente. Assim que uma agregação de dados que cubra todos os estados fisiológicos a serem observados ou previstos esteja disponível, pode ser calculada a probabilidade de um determinado animal pertencer aos vários estados. Se, por exemplo, os valores amostrais de uma vaca específica forem determinados durante e após a ordenha, esta pode ser classificada e tomadas as medidas adequadas.

**[0032]** Na análise multivariada de dados, os designados padrões de parâmetros (ou seja, variáveis manifestas) podem ser fornecidos de modo a que sejam tidas em consideração as influências mútuas entre parâmetros. Se um parâmetro selectivo estiver disponível, a análise multivariada de dados pode ser apropriada. A título de exemplo, uma medição de progesterona pode, na maioria dos casos, constituir uma indicação satisfatória do ciclo éstrico ou cio e da gravidez. Contudo, verificou-se que muito poucos parâmetros têm um carácter puramente selectivo para o estado fisiológico de uma vaca, por exemplo, e que uma avaliação qualificada na maioria dos casos só é possível após a análise dos valores amostrais de vários parâmetros. Por exemplo, um nível elevado de ureia no leite pode indicar um estado se a concentração de gordura for elevada ou outro se esta concentração for baixa, enquanto um aumento ou decréscimo da produção de leite pode indicar ainda um terceiro ou quarto estados.

**[0033]** De forma a prever o conteúdo das células somáticas no leite pode ser aplicado um modelo matemático como o PLSR (regressão por mínimos quadrados parciais), para analisar um espectro infravermelho (IR) de leite. Verificou-se que tal modelo é adequado para o estabelecimento de uma base experimental para cada animal num rebanho.

**[0034]** Para estabelecer uma base experimental global, isto é, não específica para apenas um animal mas genericamente aplicável a todos os animais de uma determinada espécie, e.g. vacas, podem ser utilizados métodos quimiométricos de classificação. Um destes métodos é o designado por Modelagem Independente Suave por Analogia de Classe (SIMCA), em que os valores amostrais anteriores (ou do histórico) são agrupados em classes e as classes são individualmente analisadas por meio da PCA. Assim, o histórico de valores amostrais pode ser agrupado numa classe representante das vacas saudáveis e em outra que representa as vacas doentes. Pode existir um modelo para cada classe e, pela aplicação de novos valores amostrais nos modelos das diversas classes, ser determinada a classe a que pertence a vaca em questão. Contudo, tal metodologia não tem em conta dados externos como a raça, idade, particularidades alimentares, estação, localização geográfica, etc., que podem influenciar os valores amostrais.

**[0035]** Assim, foi desenvolvida uma "SIMCA inversa" onde é estabelecido um modelo diferente para cada animal saudável. Se uma nova medição não se assemelhar a nenhum dos padrões estabelecidos para animais saudáveis, a probabilidade de o animal estar doente é elevada. Desse modo, pela introdução de uma pluralidade de modelos distintos são criados limites mais amplos para o que é considerado como um estado normal, o que também reflecte a realidade biológica.

**[0036]** Contudo, o número de modelos pode ser reduzido ou a fiabilidade dos resultados das análises pode ser aumentada pela inclusão de dados externos nos modelos.

**[0037]** Nos modelos, os animais podem ser agrupados pela hora do parto. Um estado saudável, ou seja, sem mastite, é



definido por uma contagem de células inferior a 200. A análise inclui apenas animais para os quais o número de observações com baixas contagens celulares seja de, pelo menos, 30. Estes resultados, num total de 121 modelos, são baseados em 19 variáveis ou parâmetros: produção de leite, FPD e condutividade, assim como valores relativos ou absolutos de gordura A, gordura B, proteínas, lactose, ureia, ácido cítrico, lactato desidrogenase (LDH), sólidos totais (TS) e sólidos não-gordurosos (SNF). A contagem de células aferida não está incluída nos modelos. Conforme a extensão da variância para as medições dos valores dos parâmetros varia, é realizado um auto-ajuste dos valores amostrais antes de serem calculados os autovectores.

**[0038]** Matematicamente, os modelos podem ser expressos como:

$$X = T_a * P_a' + E$$

onde X representa os dados ajustados, T representa as variáveis latentes (a projecção de X sobre P), P é o autovector da matriz de correlação  $X'X$  e E é uma matriz residual que reúne o ruído aleatório. O **a** subscrito indica a dimensão do modelo. A dimensão é encontrada por validação cruzada e é também referida como a complexidade, o número de variáveis latentes, número de factores ou intervalo da  $X'X$ . No presente contexto, **a** é, tipicamente, pelo menos 2 e no máximo 8.

**[0039]** Para cada vaca e para cada ordenha (indexadas por i), as 19 variáveis são amostradas num padrão  $x_i$  e a projecção de  $x_i$  sobre cada um dos modelos é determinada:

$$t_i = x_i * P$$

**[0040]** Para assegurar uma validação independente, isto é, para assegurar a globalidade, são omitidos os modelos que têm como base o animal em questão.

**[0041]** A influência (*leverage*), denotada por  $h$  (correspondente ao  $T^2$  de Hotelling), e os resíduos  $r$  são, subsequentemente, determinados. Geometricamente, a influência representa a distância desde o ponto de medição de 19 dimensões ao ponto de projecção no modelo. A influência é computada como a soma dos quadrados dos elementos em  $t_i$ , e os resíduos como a soma dos quadrados dos elementos do vector  $x_i - t_i * P'$ . As quantidades  $h$  e  $r$  são normalizadas com os respectivos níveis de significância de 95% da fase de modelação. A quantidade de teste final é o comprimento do vector  $(h, r)$ , e  $x_i$  é considerado como parte integrante do modelo se esta quantidade for inferior a  $\sqrt{2}$ .

**[0042]** As FIGs. 1 e 2 ilustram as contagens de células medidas vs. a análise de dados para várias vacas. Os dados "normalizados" são obtidos como  $100 * [(\text{número de modelos a que uma determinada ordenha pertence}) / (\text{número total de modelos})]$ . Assim, se a ordenha pertence a 14 de 118 modelos, o valor "normalizado" é  $100 * 14 / 118 = 11,9$ . A contagem de células da Fig. 1 representa as contagens de células medidas. Como ilustrado pelas figuras 1 e 2, os modelos baseados em contagens de células baixas não são adequados quando a contagem de células é alta, ao contrário do que ocorre quando a contagem de células é baixa. Verificou-se que a inclusão de gordura, proteínas, sólidos e de sólidos não-gordurosos (SNF) nos modelos parece melhorar a sua capacidade de discriminação.

**[0043]** Como deve ser compreendido a partir da informação acima divulgada um exemplo do estado fisiológico de uma vaca é o facto de esta sofrer ou não de mastite. Num modelo

SSM para prever e diagnosticar a mastite, os dados de entrada para os modelos podem incluir dados de contagem de células somáticas.

**[0044]** Os SSMS foram criados para seguir um processo desenvolvido ao longo do tempo. Este processo pode, eventualmente, seguir uma via pré-planeada ou desviar-se dela. Os desvios podem representar um erro de medição geralmente alto, também referido como *outlier* (valor atípico) ou uma alteração da parte sistemática do processo.

**[0045]** Como acima indicado, a contagem de células somáticas é aceite como um indicador de mastite. Contudo, a medição das contagens de células está sujeita a ruído e a *outliers*, o que diminui potencialmente a sua utilização em sistemas de suporte à decisão. As ferramentas estatísticas utilizadas para a separação do ruído das alterações biologicamente relevantes podem beneficiar a interpretação da contagem de células somáticas (dados SCC). A extensão (Smith e West, 1983) do filtro de Kalman multiprocesso (Harrison e Stevens, 1976), que fornece as probabilidades de diferentes tipos de mudança, pode ser aplicada num sistema de suporte à decisão - por exemplo, uma acção de tratamento deve ser tomada se a probabilidade de um aumento da SCC se encontra acima do nível crítico. Assim, é fornecido um modelo dinâmico linear e o modelo de mistura multiprocesso de classe II com um processo de actualização recursiva para o fornecimento das probabilidades associadas a diferentes tipos de alteração.

## **Modelo**

**[0046] Modelo linear dinâmico.** Para a série temporal  $\{y_t\}_{t=1,\dots,n}$  composta por  $n$  observações (de, por exemplo, In

(contagem de células somáticas)) um modelo dinâmico linear (DLM) é descrito por uma equação de observação:

$$Y_t = F_t \theta_t + v_t$$

uma equação de sistema:

$$\theta_t = G_t \theta_{t-1} + w_t$$

e pela informação inicial:

$$\theta_0 \sim N(m_0, C_0)$$

onde  $F_t$  é a matriz de observação,  $\theta_t$  é um vector latente (ou escalar) e  $v_t$ , com  $v_t \sim N(0, V_t)$ , é o ruído da observação. O processo latente  $\{\theta_t\}_{t=1, \dots, n}$  é dado pela equação de sistema (e informação inicial) com a matriz de evolução)  $G_t$  e erro de evolução  $w_t$ . Assume-se que  $w_t \sim N(0, W_t)$ , com  $v_1, \dots, v_n$ ,  $w_1, \dots, w_n$  mutuamente independentes e independentes da informação inicial. O modelo especificado por  $\{F_t, G_t, V_t, W_t\}$  será denotado  $M_t$ .

**[0047]** *Exemplo: O modelo reprodutor dado por  $Y_t = s + e_t$ , para  $t=1, \dots, n$ ; com*

$$s \sim N(0, \sigma_s^2)$$

*independente de*

$$e = (e_1, \dots, e_n)' \sim N_n(0, I_n \sigma_e^2)$$

*é equivalente ao DLM dado pela equação de observação  $Y_t = s_t + e_t$ , equação de sistema  $s_t = s_{t-1}$  e informação inicial*

$$s = s_0 \sim N(0, \sigma_s^2).$$

Note-se que  $F_t = G_t = 1$  e

$$V_t = \sigma_e^2,$$

para  $t = 1, \dots, n$ ;  $m_0 = 0$  e

$$C_0 = \sigma_s^2,$$

e o modelo se encontra sem erro de evolução.

**[0048] Modelo de mistura multiprocesso de classe II:** Se as observações não seguem o mesmo DLM para todos os valores de  $t$ , é útil introduzir modelos de mistura, onde, a cada instante temporal  $t$ , podemos escolher entre diferentes modelos de  $J$ . O modelo de mistura multiprocesso de classe II é definido como se segue: Deixar, para alguns inteiros  $J > 1$ ,  $A = \{\alpha_1, \dots, \alpha_J\}$  denotar o parâmetro espaço para  $\alpha$ , e supor que a cada momento  $t$ , existe um  $\alpha \in A$  para que  $M_t(\alpha)$  se mantenha. Se o valor,  $\alpha_j$ , de  $\alpha$  a definir o modelo no momento  $t$ ,  $M_t(\alpha_j)$ , é seleccionado com probabilidade conhecida,  $\pi_t(j) = P(M_t(\alpha_j) | D_{t-1})$ , então considera-se que a série  $\{Y_t\}_{t=1, \dots, n}$  segue um modelo de mistura multiprocesso de classe II. Usaremos  $M_t(j)$  como abreviatura para  $M_t(\alpha_j)$ . Para além disso, deixaremos  $D_t$  indicar a informação disponível no momento  $t$ ,  $t \geq 0$ . Aqui assumiremos que  $D_t = D_{t-1} \cup \{Y_t\}$  para  $t > 0$ .

**[0049] Filtro de Kalman multiprocesso (estendido):** A seguir delineamos o procedimento de actualização recursivo

para o fornecimento de probabilidades posteriores  $P(M_t(j)|D_t)$ , do modelo  $j$  no momento  $t$ , assim como das probabilidades suavizadas de uma ou duas etapas anteriores,  $P(M_{t-1}(j)|D_t)$  e  $P(M_{t-2}(j)|D_t)$ , para diferentes modelos e diferentes pontos temporais. O procedimento é delineado para um modelo com  $J=4$ ,  $G_t = G$  e  $F_t = F$  para todos os  $t$ . O erro de observação, assim como o sistema de erro são assumidos como dependentes do modelo no momento  $t$ , mas de resto independentes do tempo. Assume-se que o  $j$  do modelo é seleccionado com probabilidade  $P(M_t(\alpha_j)|D_{t-1}) = \pi_0(j)$  independentemente do passado,  $D_{t-1}$ ,  $j = 1, \dots, 4$  (probabilidades de selecção do modelo fixo). É assumido *a priori* que  $\theta_0 \sim N(m_0, C_0)$  e que todos os parâmetros são conhecidos. Para  $t=1$ : A partir da equação de sistema e da distribuição prévia de  $\theta_0$  obtemos  $\theta_t|M_t(j), D_0 \sim N(Gm_0, GC_0G' + W(j))$  para  $j=1, \dots, 4$ . Este fornece, em conjunto com a equação de observação, condicionada em  $M_t(j)$ , a distribuição de previsão de  $Y_t$  :

$$Y_t|M_t(j) \sim N\{FGm_0, F(GC_0G' + W(j))F' + V(j)\}$$

[0050] Seguidamente, a probabilidade posterior dos diferentes modelos no momento  $t$  é calculada a partir de

$$P(M_1(j)|D_1) \propto p(y_1|M_1(j))P(M_1(j)|D_0)$$

onde  $P(M_1(j)|D_0)$  por assunção é igual a  $\pi_0(j)$ . A distribuição posterior de  $\theta_t$  é então dada por uma mistura de  $\theta_t|M_1(j), D_1 \propto N(m_1(j), C_1(j))$ ,  $j=1, \dots, 4$  com as probabilidades de mistura  $P(M_1(j)|D_1)$ ; Para os momentos  $t>1$ : As etapas na obtenção da distribuição posterior (aproximada) de  $\theta_t$ , assim como as probabilidades suavizadas de uma (e duas) etapa(s) anterior(es) dos diferentes estados/modelos no momento  $t-1$  ( $t-2$  para  $t>2$ ) tornam-se

mais envolvidas. Aqui referimo-nos a Smith e West (1983) para detalhes adicionais.

**[0051]** As vacas são usadas como exemplos ilustrativos não limitativos do tipo de animal utilizável na presente invenção e o leite pode ser usado como exemplo ilustrativo não limitativo do tipo de fluido corporal utilizável na presente invenção.

**[0052]** A selecção dos diferentes factores envolvidos para os grupos Risco baseado no indicador e Factor de risco adicional pode ser um processo dinâmico onde se torna óbvio para o especialista na área o método de introdução de pequenas ou grandes modificações e alterações.

## **MODALIDADES DA PRESENTE INVENÇÃO**

### **Aplicação geral da presente invenção**

**[0053]** Como ilustrado pela figura 4, a configuração geral foi, tanto quanto possível, aplicada a cada modelo particular. Os modelos têm 2 produtos principais: um risco global (ou probabilidade de um evento) apresentado ao utilizador, e um cálculo de quando se deve proceder à colheita da próxima amostra, que retro-alimenta o aparelho de análise. Estes produtos são gerados por 2 módulos: um que utiliza unicamente a informação fornecida pelo sinal proveniente do aparelho de análise e outro que combina as diversas informações adicionais num factor de risco. Esta separação estrutural é concebida para facilitar o teste dos diferentes componentes do modelo e incorporar desenvolvimentos adicionais. Esta também reflecte a lógica subjacente de que os factores adicionais de risco são apenas aqueles cujos efeitos não actuam sobre o sinal a ser medido. Por outras palavras, se o efeito da mobilização de

gordura corporal se reflectir totalmente nos níveis BHB, então essa mobilização não deve ser incluída como um factor de risco adicional.

**[0054]** São incorporados dois recursos adicionais para permitir que modelo seja ajustado às condições locais, um multiplicador de precisão e um multiplicador de ganho. O multiplicador de precisão permite que a exactidão das avaliações do risco seja modulada de acordo com as exigências locais. Um exemplo desta adequação poderia aplicar-se a um produtor que fornece leite para fabrico de queijo e, como tal, está sujeito a exigências mais rigorosas para a redução da mastite no seu rebanho. O multiplicador de precisão irá permitir ao produtor aumentar a frequência de amostragem e, dessa forma, a precisão do risco tal como medida através da análise do sinal.

**[0055]** O multiplicador de ganho irá permitir o ajustamento da sensibilidade do modelo. Um exemplo da sua utilidade poderia ser um produtor ou região onde a alimentação fosse tal que os níveis BHB fossem sistematicamente superiores à norma universal e, consequentemente, um número inaceitavelmente elevado de animais estivesse a ser identificado como estando em risco de cetose. O multiplicador de ganho poderia então ser usado para reduzir a sensibilidade da avaliação do risco, para se ajustar à experiência prévia de incidência de cetose neste rebanho. Permanece por determinar se este recurso será ou não amplamente utilizado, ou se deve estar acessível ao utilizador, contudo, está presente na arquitectura do modelo.

**Aplicação da presente invenção para a determinação do BHB e da cetose:**



**[0056]** A cetose subclínica e clínica e o BHB presentes, por exemplo, no leite, podem ser detectados da forma mostrada nas figuras 5a e 5b. Neste sistema, os níveis de base de BHB devem ser substancialmente mais baixos do que os valores encontrados na presença de cetose. Adicionalmente, após um incidente de cetose os valores retornarão ao nível de base original. A taxa de aparecimento de cetose é tal que antecipamos utilizar um valor suavizado com 3 dias para calcular o risco. É importante notar que a largura de banda escolhida para a suavização é o tempo e não o número de amostras, isto é, se só tiver sido colhida uma amostra nos 3 dias precedentes, então o valor suavizado contém apenas essa medição. Isto é aplicável a todas as larguras de banda nestes modelos.

**[0057]** A base para o modelo de cetose é o corpo cetónico: beta-hidroxibutirato (BHB), que tem uma forte relação com a cetose clínica. As medições do BHB são usadas para gerar um Risco Baseado em Indicadores (IBR), e também é gerado um Risco Adicional baseado noutros Factores (ARF). O seu conjunto é utilizado para gerar um risco global de cetose. As Figuras 5a e 5b ilustram o modelo de cetose: uma descreve o risco baseado em indicadores (IBR, ver a figura 5a) e a outra o factor de risco adicional (ARF, ver a figura 5b).

**[0058]** Nota: Todas as designações dos parâmetros do modelo de cetose acabam com um K maiúsculo (de Ketosis - cetose) - se o "K" for omitido, estas devem (até certo ponto) ser de fácil leitura.

**Unificação de componentes (dias até à próxima amostra, risco e fiabilidade do produto)**

### **Risco Global de Cetose (OverRiskK)**

**[0059]** O Risco Global de Cetose (OverRiskK) deriva do IBR e o ARFARFWK (Carga do Factor de Risco Adicional de Cetose) é o factor de ajuste para ponderar o ARF relativamente ao IBR. Um ARF é um factor que não é de todo reflectido no BHB mas que continua a implicar um risco de cetose para a vaca. É, então, necessário que os ARF's sejam capazes de emitir um alerta na ausência de medições do BHB como, por exemplo, nos primeiros dias após o parto onde é provável que não existam amostras.

**[0060]** Também deve ser declarado que o ARF é ponderado contra o IBR e que o factor de ponderação será, presumivelmente, ajustado de acordo com a fiabilidade dos factores que contribuem para o cálculo do ARF e do IBR.

### **Dias até à próxima amostra (DNSK)**

**[0061]** À medida que o modelo biológico capta um acréscimo no risco de cetose, o componente dias até à próxima amostra é reduzido a partir de um valor padrão (DNSdefK). Se uma probabilidade elevada resultar de IBR, ARF ou se existir uma probabilidade elevada de uma medição ser um *outlier* (POutlierK), há interesse em recolher uma nova amostra, o mais rápido possível.

**[0062]** O modelo de cálculo do DNSK é, então, ajustado pelo Multiplicador de Precisão. O propósito do Multiplicador de Precisão é o de permitir ao utilizador alterar o ritmo geral a que o dispositivo de ordenha retira outra amostra, isto é, a intensidade global da monitorização da cetose. O Multiplicador de Precisão funciona a nível de todo o modelo, isto é, o utilizador pode ajustar a frequência de amostragem para a cetose em geral, mas não o pode fazer

para a frequência de amostragem para as vacas individuais. Tal como o nome sugere, o Multiplicador de Precisão (PrecMultK) é um multiplicador simples no componente Dias Até à Próxima Amostra (DNSK).

### **Produto do Risco de Cetose (OutRiskK)**

[0063] O produto do risco final apresentado ao utilizador (OutRiskK) é gerado a partir da multiplicação do risco global (OverRiskK) pelo multiplicador de ganho. O Multiplicador de Ganho (GainMultK) fornece a possibilidade de expansão ou contracção do intervalo de valores de risco produzidos. Prevê-se que, como método de ajuste do modelo às condições locais, por exemplo, se numa região/quinta específica se verificar que o modelo de cetose apenas produz valores de risco entre 0 e 0,5, apesar de serem observados casos clínicos de cetose, o GainMultK possa ser alterado. Adicionalmente, este segue a premissa de que se o GainMultK for 0, então o OutRiskK = 0 e, assim, nenhuma vaca deste rebanho será assinalada como estando em risco de cetose.

### **Fiabilidade dos Produto (OutRelK)**

[0064] A fiabilidade das informações de saída reflecte o nível de ruído do sinal BHB, a frequência da amostragem para o BHB e a qualidade da informação do ARF. Se o utilizador tiver programado o dispositivo de ordenha para colher poucas medições de BHB e não estiver a introduzir nenhuma das informações suplementares como, por exemplo, os registos de saúde, então é desejável que o agricultor seja informado de que os riscos gerados pelo modelo de cetose irão apresentar uma fiabilidade reduzida. O nível de ruído

do sinal pode ser obtido a partir da variância posterior no Modelo Espaço de Estados (SSM). Este valor é então multiplicado por uma função que decresce de 1 para 0, com um comprimento de intervalo crescente entre a amostra actual e as anteriores (IntK) para obter a RelIBRK. Para o ARF, os factores que derivam do Modelo Espaço de Estados (SSM) (i.e. aceleração na produção de leite e estado energético) usam a mesma forma funcional que para o SSM, enquanto que aqueles que se encontram associados à informação de entrada associada à gestão do rebanho/utilizador têm um valor se existir informação e são zero se esse factor não for fornecido (a lista seguinte poderá ter mais sentido após a leitura da secção dedicada ao ARF).

**[0065]** Se toda a informação que entra no ARF for perfeita, então,  $RelARFK = 1$ . A fiabilidade do produto é, então, a soma de RelIBRK e RelARFK, ponderada em proporção às suas 2 contribuições para o produto do risco:

### **Elementos do Risco Baseado em Indicadores (IBR)**

**[0066]** O IBR é baseado em medições de BHB no leite. A partir destas é calculado um risco associado ao nível de BHB e um risco associado à taxa de variação do BHB, combinados para obter o IBR. A taxa de variação do BHB é considerada um elemento importante do modelo na identificação da cetose numa fase precoce. Algumas vacas têm uma tolerância elevada para os corpos cetónicos, ou seja, têm um nível elevado de corpos cetónicos nos fluidos corporais sem manifestar sinais clínicos. Contudo, estas vacas consideram-se em risco, apesar de poderem não necessitar de tratamento, tendo em conta que um aumento

relativamente pequeno do BHB irá levá-las a um nível elevado de BHB.

### **Valores iniciais do BHB (BaselineK)**

[0067] A BaselineK é calculada para cada vaca e é um nível suavizado de BHB (LevelK), onde cada valor BHB é ponderado pela PNormal (uma probabilidade obtida do SSM) para incluir os *outliers*. Existe uma restrição na função segundo a qual a BaselineK é inferior a, por exemplo, 0,15mM por ser este ser pouco realista com um valor inicial natural superior. Após o parto, assim que o BHB seja medido, o valor inicial irá ajustar-se de acordo com a vaca individual. É expectável que 0,15 mM seja um valor relativamente alto para um valor inicial máximo, que é útil para a maioria dos rebanhos e países, contudo, o valor inicial máximo pode ser ajustado de acordo com as normas nacionais de um determinado país.

### **Risco associado ao Declive do nível de BHB (RiskSlopeK)**

[0068] Assume-se que quanto maior for a taxa de variação de BHB (SlopeK), maior é o risco de cetose. O SlopeK é um produto suavizado do SSM ajustado para a PslopeK, que é uma probabilidade calculada no SSM. MaxSlopeK é uma constante que irá fornecer um RiskSlopeK = 1. O valor sugerido para o MaxSlopeK é de 0,5, de acordo com o pressuposto de que o BHB, em casos clínicos graves de cetose/deslocamento do abomaso à esquerda, pode aumentar de, aproximadamente, 0 mM a 2 mM durante um período de 4 dias, ou seja, um declive de 0,5 que, quando dividido por MaxSlopeK (0,5) resultará num RiskSlopeK = 1 (se PslopeK é assumido como 0). O RiskSlopeK pode assumir valores <0 e >1.

### **Risco associado ao Nível de BHB (RiskLevelK)**

[0069] Quanto mais elevado for o nível de BHB (LevelK), em relação ao valor inicial para cada vaca individual (BaselineK), maior é o risco de cetose. A utilização de um valor inicial máximo de 0,15 baseia-se na suposição de que concentrações >0,15 mM estão associadas a desequilíbrio fisiológico que pode mediar uma cetose subclínica ou clínica. O LevelK é um produto suavizado do SSM e a PLevelK é uma probabilidade calculada no SSM. O MaxLevelK é uma constante que resulta num RiskLevelK = 1. Partindo do pressuposto de que uma vaca com 1,0 mM de BHB sofre de cetose clínica, ou seja, com RiskLevelK = 1, o valor sugerido para o MaxLevelK é de 1,0. O RiskLevelK pode assumir valores <0 e >1.

### **Risco Baseado em Indicadores (IBR)**

[0070] O IBR é calculado como uma combinação ponderada entre o RiskSlopeK e o RiskLevelK.

### **Factor de Risco Adicional (ARF)**

[0071] Como mencionado anteriormente, o aspecto crucial associado ao ARF é o de que os riscos de cetose aqui incluídos não se encontram ainda inseridos no IBR, isto é, que qualquer factor que afecte o nível de BHB não deve ser aqui incluído. Nos casos em que um factor tem efeito sobre o BHB e um efeito adicional, é necessário fazer a distinção entre esses dois efeitos e incluir apenas o efeito adicional no ARF.

[0072] Os elementos que constituem o ARF são descritos abaixo, estes são combinados para obter um ARF.

### **Aceleração na produção de leite**

[0073] Quanto mais elevada for a produção máxima de leite (kg/dia) maior é o risco de cetose, em alguns casos existe um risco acrescido de 2,5% por cada kg de aumento na produção do leite (é utilizada a produção de leite por dia). Contudo, parece mais provável que seja a aceleração na produção de leite a constituir um factor de interesse relativamente ao desenvolvimento de cetose. Parece lógico que uma aceleração muito elevada na produção do leite (MYAcc) aumente o risco de um colapso/desequilíbrio da gordura e hidratos de carbono no metabolismo da vaca e, dessa forma, aumente o risco de cetose. Neste caso, MYAcc é um ARF porque, presumivelmente, um MYAcc elevado precede uma subida do BHB.

[0074] O MYAcc é o declive da curva de lactação das vacas individuais e é um produto do SSM com base nos dias a partir do parto e nos registos diários do fluxo de leite. O MaxAccK é uma constante de escala, que define o nível de MYAcc que reverte um RiskAccK de 1. O RiskAccK pode assumir valores acima de 1, nesta modalidade em particular todos os valores negativos de RiskAccK devem ser convertidos para 0. Neste caso, o valor sugerido para esta constante é de 3, uma vez que se acredita ser o máximo razoável para o aumento em kg leite/dia quando este é suavizado ao longo de 3 dias.

### **Histórico da doença de lactação actual (CLDHRiskK)**

[0075] O contexto fisiológico para o facto de que outras doenças frequentemente aumentam o risco de cetose é o de que as outras doenças podem induzir uma diminuição da ingestão alimentar que pode causar um aumento da

mobilização. Dependendo da duração e volume desta mobilização e da capacidade do fígado para oxidar totalmente esta gordura dos tecidos adiposos, a vaca pode desenvolver cetose subclínica ou clínica. A escolha das doenças que podem causar cetose (e que, por isso, devem ser incluídas no modelo) é, entre outras coisas, baseada em investigações epidemiológicas, que serão, resumidamente, apresentadas na secção seguinte:

O risco de cetose foi aumentado pela febre vitular, por exemplo. Os estudos mostraram que a metrite aumenta significativamente o risco de contrair cetose, enquanto que a cetose aumenta significativamente o risco de LDA. O desenvolvimento de LDA revela associar-se claramente a níveis cetónicos elevados e pode ser assumido como bidireccional. Mas nenhum estudo mostrou o efeito estimado (razão de probabilidade: OR) do LDA na cetose. Adicionalmente, os estudos mostraram um efeito significativo da mastite na cetose onde foram encontrados diferentes resultados de acordo com a seguinte definição de mastite: OR=1,4 (1,2-1,7) para a mastite aguda e OR=2,4 (1,7-3,3) para a mastite crónica. Tal poderia implicar que diferentes estados de mastite (bacterianos) têm diferentes efeitos no risco de contrair cetose. Para além disso, um motivo para as discrepâncias entre estudos poderia ser uma diferença na distribuição da mastite em relação à data do parto. A mastite não parece afectar o risco de contrair cetose.

**[0076]** É utilizada uma função para calcular o risco de cetose associado a uma determinada doença (DisRiskK) em função dos dias após a ocorrência (DisDaysK), a um período de risco previsto, ou seja, o dia em que se supõe que a



doença deixa de representar um risco de cetose (DisTK) e à gravidade da doença (DisSevK).

**[0077]** São listadas na tabela 2 as diferentes doenças, segundo o respectivo risco máximo sugerido (MaxDisK). DisRatK determina a forma da curva entre MaxDisK e DisTK, ou seja, a forma como DisRiskK se altera a partir do dia de tratamento até ao momento em que o período de risco tenha expirado. DisTK fornece o número de dias até que o risco tenha reduzido para 0,36 ( $\exp(-1)$  ou  $1/e$ ).

Tabela 1: Lista de doenças de acordo com o seu risco máximo.

Doença (DisTypeK)	MaxDisK	DisTK (dias)	DisRatK
LDA (deslocamento do abomaso à esquerda)	0,9	10	0,4
RDA (deslocamento do abomaso à direita)	1,1	10	0,4
Acidose Ruminal	0,7	10	0,4
Febre vitular	0,6	8	0,4
Retenção da placenta	0,3	12	0,15
Metrite	0,5	12	0,15
Mastite	0,2	8	0,4
Outra	0	0	0

**[0078]** As doenças não podem ser consideradas como totalmente independentes, pelo que poderiam levar a uma sobrestimação do ARF se os riscos de cada doença fossem conjugados numa vaca que sofra de diversas doenças em simultâneo (por exemplo, mastite e metrite). Desse modo, é sempre a doença com maior factor de risco, num determinado dia, que é considerada no cálculo do ARF total. Se uma vaca

foi repetidamente submetida a tratamento para a mesma doença no decurso de uma lactação então, a última incidência desta doença em particular deverá contar para o cálculo do DisRiskK. Assim, é necessário que DisRiskK seja calculado diariamente para cada uma das últimas incidências das doenças durante a lactação actual.

### **Número total de cetoses ao longo da vida**

**[0079]** Os seguintes factos são o contexto de inclusão do histórico de cetose das vacas: existe um risco 2,5 vezes superior de contrair cetose se a vaca tiver sofrido de cetose na lactação anterior. As estimativas mostram que as vacas tratadas para a cetose na sua primeira lactação têm um risco de cetose de 17% na segunda lactação, enquanto que as que não foram tratadas na primeira lactação têm uma probabilidade de 4% de apresentar cetose na segunda lactação. Os valores equivalentes foram demonstrados como sendo 8 e 3% e uma vaca com febre vitular numa lactação anterior tem uma probabilidade 2-5 vezes superior de a voltar a apresentar e uma vaca que sofreu de cetose numa lactação anterior tem um risco 4-12 vezes superior de a apresentar novamente.

**[0080]** O ARF associado a incidências anteriores de cetose é assumido como constante durante a lactação por expressar uma susceptibilidade constante ou uma sensibilidade diferente entre as vacas. Desse modo, este é considerado como um factor genético. O risco adicional associado a incidências anteriores de cetose pode ser incluído através de uma constante para o histórico da vaca (HistConK). A constante é dependente do histórico de cetose.

### **Estado Energético (EnStat)**

[0081] Numa situação em que o ambiente nutricional seja limitado, pode ocorrer a mobilização excessiva das reservas de energia corporal, colocando o equilíbrio fisiológico da vaca sob pressão. O Estado Energético é uma medida deste e é também o produto do Modelo de Estado Energético. É expectável que um baixo estado energético aumente o risco de cetose. Este estado energético é incluído como um ARF.

### **Lista de dados de entrada e de saída (produtos)**

#### **Entradas Sugeridas**

[0082]

Parâmetro	Comentário
CowID	ID única, não são permitidas duplicações
RunTimeK	Data e hora da execução actual
BHBTimeK	Data e hora da amostra de BHB mais recente
GainMultK	Multiplicador de Ganho - dados de entrada para ajuste às condições locais
PrecMultK	Multiplicador de Precisão - dados de entrada para ajuste às condições locais
LevelK	Concentração de BHB - produto suavizado do SSM
SlopeK	Taxa de variação no BHB - produto suavizado do SSM
IntK	Intervalo de tempo decorrido entre a última e penúltima amostras de BHB
POutlierK*	Valor de probabilidade do SSM
PNormalK*	Valor de probabilidade do SSM

Parâmetro	Comentário
PSiopeK*	Valor de probabilidade do SSM
PLevelK*	Valor de probabilidade do SSM
DisDateK	Data e hora da doença
DisTypeK	Código para as diferentes doenças #
DisSevK	Códigos: possível = 0,3, provável = 0,6, inequívoca = 0,9
DFC	Dias desde o parto - deve ser validado de acordo com registos AI e de gestação anteriores
MYAcc	Declive da curva de lactação - produto suavizado do SSM baseado em registos diários da produção de leite e no DFC da Gestão do Rebanho. Sys.
EnStat	Estado energético, produto de outro modelo
<p>* Devem estar disponíveis quer como estimativas do momento t, quer como estimativas suavizadas do passo anterior (t-1).</p> <p># Deslocamento do abomaso à esquerda, deslocamento do abomaso à direita, acidose ruminal, febre vitular, metrite, mastite, cetose e outras.</p>	

### **Sincronia dos Dados de Entrada**

**[0083]** O modelo é construído na base de que novos valores BHB desencadeiam a execução do modelo. Adicionalmente, uma nova amostra/cálculo pode também ser desencadeada quando é introduzida uma doença, isto é, quanto é inserido o DisDateK.

### **Produtos sugeridos ao utilizador final:**

**[0084]**

Parâmetro	Utilizador final	Comentário
DNSK	Dispositivo de ordenha	Dias até à próxima amostragem
OutRiskK	Gestor do gado	Produto do Risco de Cetose
OutRelK	Gestor do gado	Fiabilidade do produto do risco de cetose

**Aplicação da presente invenção para a determinação de mastite:**

**[0085]** Os indicadores de mastite podem ser, por exemplo, a LDH ou a NAGase. Ainda noutra modalidade preferida da presente invenção, são detectados indicadores de mastite e mastite em animais, como mostram as figuras 6a e 6b. Existem várias semelhanças entre o modelo de mastite e o modelo de cetose. Existem duas grandes diferenças em relação ao modelo de cetose. A primeira reside no facto de os nível de base do indicador de mastite não regressarem, necessariamente, aos níveis pré-infecção. A segunda é a existência de alguns requisitos de qualidade do leite a nível da população ou grupo.

**[0086]** Nota: Todas as designações dos parâmetros do modelo de mastite acabam com um M maiúsculo (de mastite) e se o "M" for omitido deverão ser (até certo ponto) de fácil leitura.

## Bases do Modelo

[0087] A base do modelo de mastite pode ser a lactato desidrogenase (LDH) que, nesta modalidade da presente invenção, é seleccionada com fins meramente ilustrativos. Assume-se a existência de uma forte relação linear entre o LDH e o estado de saúde do úbere. As medições de LDH são usadas para gerar um Risco Baseado em Indicadores (IBR); também é gerado um Risco Adicional baseado noutros Factores (ARF). Juntos, estes são utilizados para gerar um risco global de mastite. A estrutura do modelo é apresentada nas figuras 6a e 6b.

[0088] Um aspecto importante, diz respeito aos efeitos da diluição. Assumindo que a LDH é produzida em resposta a uma *determinada quantidade* de danos celulares no leite então, a *quantidade* de LDH pode ser um indicador de mastite mais relevante do que a sua *concentração* no leite. Se este for o caso, a concentração de LDH que constitui um alerta de mastite será, claramente, dependente da produção de leite. Adicionalmente, a mastite ocorre, normalmente, em apenas um quarto do úbere de cada vez e o leite proveniente desse quarto é diluído pelo leite dos outros três quartos. Uma complicação adicional é a de a proporção da quantidade de leite produzida pelos quartos infectados e saudáveis também ser afectada pela mastite. Consequentemente, pode decidir-se utilizar a quantidade de LDH e não a sua concentração como variável indicadora no modelo biológico. Esta quantidade (LDH) é a entrada (*input*) para o modelo biológico e é gerada a partir da concentração de LDH (LDHconc) e da produção de leite naquela ordenha (MY).

## **Lidar com casos de mastite agudos vs. casos crónicos**

**[0089]** Os casos agudos de mastite são caracterizados por uma subida abrupta do nível do indicador de mastite, isto é, LDH, enquanto que os casos crónicos são tipificados por um nível elevado e relativamente estável de LDH. A arquitectura do modelo de mastite para a identificação de casos agudos é muito semelhante à estrutura do modelo geral da figura 4 e ao modelo específico para a cetose das figuras 5a e 5b. Estes casos agudos devem gerar um elevado Risco de Mastite.

**[0090]** Os casos crónicos não irão necessariamente figurar no Risco de Mastite mas, em vez disso, gerar um valor elevado no Risco de Qualidade do Leite. Este módulo de "qualidade do leite" do modelo de mastite é baseado no nível estável de LDH relativamente à média do rebanho. A chave para a distinção entre mastite aguda e crónica encontra-se no cálculo e utilização do nível estável.

## **Unificação de componentes (dias até à próxima amostra, produto do risco de mastite e fiabilidade do produto)**

### **Dias até à Próxima Amostra (DNSM)**

**[0091]** À medida que o modelo biológico capta um risco acrescido de mastite (aguda), o componente dias até à próxima amostra é reduzido a partir de um valor predefinido (DNSdefM). Se, em adição aos efeitos de um valor elevado do risco baseado em indicadores (IBR) ou factor de risco adicional (ARF), o valor mais recente de LDH tiver uma elevada probabilidade de ser um desvio positivo da série temporal normal então, outra amostra é rapidamente retirada. Além disso, se houver uma medição elevada de

condutividade (CondM) é rapidamente retirada uma amostra de acompanhamento.

**[0092]** O componente DNSM calculado através do modelo é, então, ajustado pelo Multiplicador de Precisão. O propósito do Multiplicador de Precisão é o de permitir ao utilizador alterar o ritmo geral a que o dispositivo de ordenha retira outra amostra, isto é, a intensidade global da monitorização da mastite. Tal como o nome sugere, o Multiplicador de Precisão (PrecMultM) é um multiplicador simples no componente Dias Até à Próxima Amostra (DNSM).

#### **Produto do Risco de Mastite (OutRiskM)**

**[0093]** O risco de mastite apresentado ao utilizador (OutRiskM) é gerado a partir do risco global de mastite (OverRiskM), que resulta do IBR e do ARF. O IBR é o indicador baseado no risco e o ARF é o risco associado aos factores de risco adicionais. O produto final do risco (OutRiskM) é calculado a partir do risco global pela aplicação de um multiplicador, o "Multiplicador de Ganho". O multiplicador de ganho fornece a possibilidade de expansão ou contracção do intervalo de valores de risco produzidos. É considerado como um método de ajuste do modelo às condições locais, por exemplo, se numa região/quinta específica se verificar que o modelo de mastite apenas produz valores de risco entre 0 e 0,5, apesar de serem observados casos clínicos de mastite, então o Multiplicador de Ganho poderá ser alterado. A decisão em realizar esta alteração e quem deve receber o privilégio de acesso permanecem por esclarecer.



## **Fiabilidade do Produto**

**[0094]** A fiabilidade do produto reflecte o nível de ruído do sinal LDH, a frequência da amostragem para a LDH e a qualidade de informação do ARF. Se o utilizador tiver programado o dispositivo de ordenha para retirar muito poucas medições de LDH e não estiver a introduzir nenhuma das informações suplementares como, por exemplo, os registos de saúde, então é desejável que o agricultor seja informado de que os riscos gerados pelo modelo de mastite irão apresentar uma fiabilidade muito reduzida. O nível de ruído do sinal pode ser obtido a partir da variância posterior no SSM. Este valor é então multiplicado por uma função que decresce de 1 para 0, com um comprimento de intervalo crescente entre a amostra actual e as anteriores (IntM) para dar a ReIIBRM. Para o ARF, os factores que derivam do SSM usam a mesma forma funcional que para a ReIIBRM, enquanto que aqueles que se encontram associados à introdução de dados a partir da gestão do rebanho/utilizador têm um valor se existir informação e são zero se esse factor não for fornecido (a tabela 4 indica a fiabilidade dos diferentes tipos de medições:

Tabela 2: Indica a fiabilidade dos diferentes tipos de medições.

Nome	Abreviatura	Fiabilidade
aceleração na produção de leite	ReiMYAccM	Função de var. post. com máximo = 0,4
Duração da Ordenha	RelMilkDurM	Função de var. post. com máximo = 0,1
Pico do Fluxo de Leite	RelPMFM	Função de var. post. com máximo = 0,05
Características do úbere	RelUddM	máximo = 0,2, 0 se ausente

Nome	Abreviatura	Fiabilidade
Nível de Mastite do Rebanho		Não incluído na fiabilidade
Doença de Lactação Actual	RelCLDHM	máximo = 0,15, 0 se ausente
Estado Energético	RelEnStatM	Função de var. post. com máximo = 0,1
Condutividade		Não incluído na fiabilidade

**[0095]** Se toda a informação que entra no ARF for perfeita, então,  $RelARFM = 1$ . A fiabilidade do produto é, então, a soma de RelIBRM e RelARFM, ponderada em proporção às suas 2 contribuições para o produto do risco.

#### **Elementos do Risco Baseado em Indicadores (IBR)**

**[0096]** O Risco Baseado em Indicadores é simplesmente a soma de dois riscos; o risco associado ao nível de LDH e o risco associado à taxa de variação no nível de LDH. Estes e os elementos associados são pormenorizados abaixo.

#### **Nível Estável (StableM)**

**[0097]** Este é, basicamente, o valor médio do nível de LDH (LeveIM) para cada vaca, calculado ao longo de um intervalo de tempo de, por exemplo, 7 dias (StableIntM). Uma vez que o LevelM inclui as probabilidades de se obter um valor normal, etc., passa a ser desnecessário fazer esta consideração no cálculo do valor estável (StableM).

**[0098]** Pode ser necessário um valor predefinido do StableM no parto para o cálculo do risco associado ao LevelM; este

deve ser definido baixo e diluir-se com a acumulação de dados LevelM reais.

### **Risco associado ao Declive (RiskSlopeM)**

[0099] Assume-se que quanto maior for a taxa de variação da LDH (SlopeM), maior é o risco de mastite. O RiskSlopeM aumenta se existir uma elevada probabilidade de ser um desvio da série temporal normal, isto é, uma alteração do declive (PSlopeM).

### **Risco associado ao nível de LDH (LevelM)**

[0100] Supõe-se que quanto maior for o nível relativamente ao nível estável (SlopeM), maior é o risco de mastite. A utilização do nível estável como valor inicial facilita a diferenciação entre mastite aguda e crónica, contudo, esta também assenta no pressuposto de que o aumento da LDH associado a um caso agudo é independente do nível de base estável. Se esse não for o caso e, por exemplo, o nível de LDH associado a uma mastite "totalmente desenvolvida" for absoluto, o modelo terá de usar um valor inicial diferente, tal como o usado no modelo de cetose.

### **Factor de Risco Adicional (ARF)**

[0101] O aspecto crucial associado ao Factor de Risco Adicional é o de que os riscos de mastite aqui incluídos não se encontram ainda inseridos no Risco Baseado em Indicadores, isto é, qualquer factor que afecte o nível de LDH não deve ser aqui incluído. Nos casos em que um factor tem efeito sobre a LDH e um efeito adicional, é necessário

fazer a distinção entre esses dois efeitos e incluir apenas o efeito adicional no ARF. Os elementos que constituem o ARF são descritos abaixo; eles são combinados para fornecer o ARF.

### **Aceleração na Produção de Leite (MYAcc)**

[0102] Esta é usada como um índice do grau de tensão fisiológica que a vaca está a sofrer. A MYAcc é uma forma de combinação da produção de leite e dos dias desde o parto, que acreditamos cristalizar os componentes destes dois factores que sejam relevantes para a tensão fisiológica a que a vaca está sujeita. A MYAcc é mais elevada imediatamente após o parto e é maior para as vacas mais produtivas.

[0103] Tendo em conta a existência de um modelo biométrico para a produção de leite então, em princípio, o declive da curva suavizada da produção de leite, isto é, da aceleração na produção de leite, estará facilmente acessível. Adicionalmente, a MaxAccM é uma constante de escala necessária para determinar o nível de aceleração que reverte um risco de 1.

### **Duração da Ordenha**

[0104] Esta é assumida como um índice do efeito físico negativo da ordenha mecânica nas defesas das tetas da vaca contra a invasão por agentes patogénicos causadores de mastite. Quanto mais longa for a duração da ordenha (MilkDurM), para além de um limiar mínimo, maior é o efeito.

### **Características do úbere**

[0105] A quantificação da susceptibilidade individual da vaca à mastite divide-se em duas partes: a informação categórica (geralmente introduzida pelo utilizador) e aquela que se encontra numa escala contínua. Estas são, essencialmente, factores de risco para os quais não se prevêem alterações num curto espaço de tempo. As características categóricas do úbere são, actualmente:

Tabela 3: Características do úbere

Característica do úbere	Nome	Aumento do risco
Tetas curtas	ShortM	0,1
Úbere baixo	LowM	0,05
Tetas a gotejar	LeakyM	0,15

### **Taxa de pico do fluxo de leite e número total de mastites ao longo da vida**

[0106] Os factores contínuos podem ser a taxa de pico do fluxo de leite e o número total de mastites ao longo da vida. A taxa de pico de fluxo do leite (MilkFlowM) deve ser disponibilizada pelo sistema a cada ordenha em que seja retirada uma amostra. No presente contexto, a taxa de pico do fluxo de leite é um índice do diâmetro do canal da teta; este tal não se altera significativamente durante a lactação. Contudo, a taxa de pico do fluxo de leite é ela própria afectada pela produção de leite uma vez que a pressão criada no úbere pela contracção alveolar durante o reflexo de ejeção do leite depende de quão cheio ele se encontra. Assim, esta poderia ser medida numa fase específica da lactação ou produção. Uma forma de as

aproximar seria a utilização do máximo registado para a taxa de pico de fluxo de leite. Como esta rotina é vulnerável a medições com ruído, o valor de entrada da taxa de pico de fluxo do leite deve ser o produto de um SSM. A taxa de pico do fluxo de leite (PeakMFM) é convertida num factor de risco.

**[0107]** O número total de mastites ao longo da vida pode ser usado como uma medida da susceptibilidade da vaca à mastite, da mesma forma que o número total de cetoses ao longo da vida é usado no modelo de cetose. Contudo, existe uma diferença crucial uma vez que a mastite é uma doença infecciosa e a cetose não. Desse modo, podemos, até certa medida, esperar que o número total de mastites ao longo da vida reflecta a pressão patológica colocada sobre a vaca pelos ambientes em que esta esteve. Por esta razão, este não é considerado como uma variável de eleição para a predição da susceptibilidade da vaca, mas tem a vantagem prática de ser automaticamente gerado se o produto do risco de mastite for utilizado para gerar a incidência da doença.

### **Nível de Mastite do Rebanho**

**[0108]** Tendo em conta que mastite é uma infecção, quanto maior for o número de vacas com mastite no rebanho, maior é a pressão infecciosa sobre qualquer vaca específica no rebanho. O nível de mastite no rebanho pode ser calculado pela combinação da carga infecciosa individual das vacas no rebanho que se assume estar reflectida nos níveis estáveis de LDH (StableM).

### **Histórico da doença de lactação actual (CLDHRiskM)**

[0109] Este é análogo ao mesmo factor no modelo de cetose com exclusão da distinção realizada entre as doenças que indiciam um incremento da carga de infecção (metrite, afecções nas tetas, acidose) e aquelas que se adicionam à tensão a que a vaca com cetose está normalmente sujeita, febre vitular, retenção da placenta e outras. Para cada uma destas, existe um risco acrescido de mastite no dia de ocorrência que depois decai até zero ao longo do tempo.

[0110] A qualquer momento pode haver mais do que um risco de doença em operação, os quais são combinados da forma que se segue. Em cada classe patológica (infecciosa vs. geral) é seleccionado o maior DlsRiskM, isto é, presume-se que os riscos não são aditivos dentro da classe. O risco geral associado ao histórico da doença de lactação actual (CLDHRiskM) é a soma de dois DisRiskMs, o mais elevado de cada classe.

### **Estado Energético (EnStat)**

[0111] Numa situação em que o ambiente nutricional seja limitado, pode ocorrer a mobilização excessiva das reservas de energia corporal, colocando o equilíbrio fisiológico da vaca sob pressão. O Estado Energético é uma medida deste e é também o produto do Modelo de Estado Energético. É expectável que um baixo estado energético aumente o risco de mastite (entre outros). Desse modo, o estado energético é incluído como um ARF.

### **Condutividade a nível dos quartos**

**[0112]** A condutividade tem 3 vantagens enquanto medida: é muito económica, muito rápida e ocorre ao nível dos quartos do úbere. Estas vantagens devem ser aproveitadas quando o sistema de ordenha tem condutividade. Contudo, assume-se que a LDH é o indicador mais fiável. Assim, é dada ao risco associado à condutividade (RiskCondM) um peso relativamente reduzido no ARF.

**[0113]** Os 2 papéis mais importantes da condutividade são o de desencadeamento de uma nova amostra e o de identificar qual o quarto do úbere com maior probabilidade de estar infectado.

### **Risco da Qualidade do Leite - Lidar com Casos de Mastite Crónica**

**[0114]** Na sua forma simplificada, este pode ser apenas uma lista de produtos para os valores StableM individuais. Pela utilização de uma correlação entre a LDH e a SCC é possível prever a SCC do leite a granel e, dessa forma, avaliar se o leite de alguma vaca deverá ser afastado do tanque de armazenamento.



## Lista de dados de entrada e de saída (produtos)

### Entradas Sugeridas

[0115]

Parâmetro	Comentário
CowID	ID única, não são permitidas duplicações
RunTimeM	Data e hora da execução actual
LDHTimeM	Data e hora da amostra de LDH mais recente
Level*	quantidade da LDH - produto suavizado do SSM
SlopeM*	taxa de variação na quantidade da LDH - produto suavizado do SSM
IntM	Intervalo de tempo decorrido entre a última e penúltima amostras de LDH-
POutlierM*	valores de probabilidade do SSM
PNormalM*	valores de probabilidade do SSM
PSlopeM*	valores de probabilidade do SSM
PLevelM*	valores de probabilidade do SSM
CondtimeM	Data e hora de uma medição de condutividade
CondM	Valor de alarme de condutividade - um valor entre 0 e 1
QuarterM	O quarto do úbere que o alarme de condutividade está a detectar
PMM	Multiplicador de Precisão para a mastite
DFC	Dias desde o parto - deve ser validado de acordo com registos AI e de gestação anteriores
MYAcc	Declive na produção de leite no SSM (kg/d/d)

Parâmetro	Comentário
MilkDurM	Duração da(s) ordenha(s)
UdderM	Características do úbere, por exemplo, tetas a gotejar. Ver eq. 9 para a lista completa
PeakMFM	Nível <sub>t-1</sub> de um SSM na taxa de pico do fluxo de leite
DisTypeM	Código do tipo de doença#
DisDateM	Data da primeira identificação da doença
DisSevM	Código da gravidade da doença: ligeira = 0,3, moderada = 0,6, grave = 0,9
EnStat	Estado energético, produto de outro modelo
GainMultM	Multiplicador de ganho, entrada com privilégio de acesso para ajuste às condições locais.
<p>* Devem estar disponíveis quer como estimativas do momento t, quer como estimativas suavizadas do passo anterior (t-1).</p> <p># Metrite, lesão da teta, acidose, cetose, febre vitular, retenção da placenta e outras.</p>	

**Produtos Sugeridos ao utilizador final:**

[0116]

Parâmetro	Comentário
DNSM	Dias até à próxima amostragem
OutRiskM	Produto do risco para a mastite aguda
QuarterM	Quarto de úbere em risco
ReliabilityM	Fiabilidade do produto do risco
StableM	nível estável de LDH - indicador de mastite crónica

Parâmetro	Comentário
BulkSCCM	nível estável médio do rebanho - ajustado

### **Aplicação da presente invenção para a determinação da progesterona e reprodução:**

**[0117]** A reprodução e a progesterona podem ser detectadas em animais, como mostrado nas figuras 7a-7d. Este modelo é estruturalmente mais complexo do que os modelos para a cetose e para a mastite, pois pode existir interesse na identificação de um maior número de condições. Após o parto, a vaca progride através de 3 estados reprodutivos consecutivos; anestro pós-parto, ciclo éstrico, gravidez. Estes são designados como estado 0, 1 e 2, respectivamente. Durante o anestro puerperal, os níveis de progesterona são baixos, o final desta fase é caracterizado pelo primeiro estro, geralmente silencioso. A detecção do primeiro estro altera o estado para 1. O estado é alterado para 2 após inseminação artificial. Se a vaca não ficar grávida, o estado é então revertido para 1.

**[0118]** Em cada estado, o perfil de progesterona pode ser utilizado como indicador para as progressões normais e anormais. Estas são (estado designado entre parêntesis): anestro prolongado (0), 'quistos' luteais (1), 'quistos' foliculares (1), perda da gravidez (2). A Figura 7a fornece a arquitetura global do modelo; o fluxo de decisão necessário para identificar as diferentes condições é mostrado na caixa a tracejado. Uma estrutura ampliada desse fluxo para cada um dos três estados é descrita nas figuras 7b-7d, respectivamente.

**[0119]** A estrutura do modelo de reprodução é baseada no pressuposto de que a vaca se encontra sempre num dos três estados reprodutivos (StatusR), a saber:

StatusR = 0 Anestro pós-parto (figura 7b),

StatusR = 1 Ciclo éstrico com uma probabilidade muito reduzida de gravidez (figura 7c),

StatusR = 2 Potencialmente grávida (figura 7d),

**[0120]** No modelo, estes estados são mutuamente exclusivos. A definição de cada estado reprodutivo, as entradas, os produtos e suposições associadas a cada Estado são descritas abaixo em detalhe. Uma suposição geral aplicável ao modelo de reprodução é a de que a progesterona é a medida decisiva do estado reprodutivo. Isto significa que apesar de serem utilizadas outras informações, como as detecções externas do estro (EODR), estas nunca se podem sobrepor à informação fornecida pela progesterona. Nos termos da configuração do modelo geral, a progesterona é equivalente ao "risco baseado em indicadores" e a EODR e outros factores, como o estado energético, equivalem ao "factor adicional de risco" (consultar o resumo do modelo na figura 7a). Contudo, a existência de 3 subunidades StatusR no modelo dificulta a manutenção da estrutura IBR - ARF. Apesar de tal não ser óbvio na estrutura do modelo biológico, o modelo SSM para a progesterona é importante. Isto é evidente se se considerar que os valores de progesterona esperados podem variar de 0 a 3,5 ng/ml na fase folicular e de 4,5 a 50 ng/ml (média 15-20) na fase lútea.

**[0121]** Nota: Todas as designações dos parâmetros do modelo de reprodução acabam com um R maiúsculo (de reprodução) -

se o "R" for omitido estas devem (até certo ponto) ser de fácil leitura.

### **Desencadear uma execução do modelo e tempo de manipulação**

[0122] O modelo é desencadeado quer por um novo valor de progesterona, quer por uma detecção externa do estro. Em qualquer dos casos, o valor anterior do outro é disponibilizado. Isto dificulta a utilização do tempo no modelo.

### **Detecção Externa do Estro**

[0123] Os indícios do *comportamento* éstrico provêm dos métodos de detecção externa do estro (EODR). A EODR refere-se a todos os outros métodos ou dispositivos de detecção do estro, ou seja, que não a progesterona. Para que o modelo interaja com a multitude de dispositivos disponíveis, as entradas EOD são definidas do seguinte modo:

EODTimeR =

Data e hora da detecção externa do estro. Esta pode diferir da hora em que esta informação é disponibilizada ao modelo biológico, quer porque a execução pode ter sido desencadeada por um novo valor de progesterona ou porque os valores EOD podem não ser entradas em tempo real (por exemplo, registos de detecção visual do estro).

EODinR =

intensidade ou probabilidade do estro detectado - numa escala de 0 a 1 - fornecida pelo sistema de gestão do rebanho. Para a detecção visual do estro, prevê-se que o agricultor possa seleccionar entre estro "possível", "provável" e "inequívoco". Estes corresponderiam a valores EODinR de, por exemplo, 0,5, 0,7 e 0,9.

EODTypeR =

define o tipo de dispositivo utilizado para a detecção. Este é usado para atribuir uma taxa de degradação ao valor EODinR, ou seja, que peso deverei atribuir a um sinal EOD com, por exemplo, um dia? Para cada EODType, existem 3 constantes: EODRatR, EODTR e EODgainR. Esta última constante permite-nos ajustar internamente a intensidade de estro original (EODinR), se tal for necessário.

**[0124]** A EODR pode então ser calculada a partir destas entradas para decrescer entre o tempo de execução actual e a EODtimeR. Poderia também ser incluído um processo de acumulação de EODs repetidas. A lógica que rege esta introdução é a de que indícios repetidos de comportamento éstrico devem fortalecer o "diagnóstico" do estro.

**StatusR = 0 Anestro pós-parto (Figura 7b)**

**[0125]** Este é o período entre o parto e o primeiro estro que causa, então, uma subida da progesterona, acima do

limiar inferior da progesterona (LThreshR). Um pressuposto chave para o funcionamento do modelo é o de que a precisão do sinal de progesterona que entra no modelo biológico é tal que as diferenças reais na progesterona entre o valor de base no anestro e os níveis limiar (LThreshR) são discerníveis do erro de medição.

**[0126]** No parto ou aquando do primeiro registo pelo modelo (para as vacas que não começam no parto) é atribuído o Estado 0 às vacas. A progressão para o estado 1 requer a existência de evidências de um primeiro estro. Estas podem ser um aumento do nível de progesterona ou um forte indício de comportamento éstrico. Este último implica um valor EODR superior ao limiar EOD (EThreshR). Não se espera que a transição entre os estados 0 e 1 seja desencadeada por uma EOD. Contudo, está previsto na base que os tipos de primeiro estro com probabilidade de serem suficientemente intensos para causar uma EOD suficientemente elevada seriam os primeiros estros relativamente tardios, ou seja, potencialmente valiosos e (possivelmente) oportunos para inseminação.

**[0127]** A primeira elevação do nível de progesterona a um patamar superior ao LThreshR é o desencadeador mais provável para a transição para o estado 1. Por tal representar um ponto fundamental para a frequência de amostragem subsequente e para as estatísticas de reprodução, o agricultor deve assegurar-se de que a amostra ou medição é mais do que um *outlier* (valor atípico). Assim, serão provavelmente necessários dois valores de progesterona consecutivos acima do LThreshR para causar a transição para o Estado 1.

**[0128]** Se a vaca permanecer no estado 0 (ou seja, se não existirem sinais do início do ciclo éstrico), então o risco

de anestro prolongado (ProAnOestR) e o complemento dias até à próxima amostra (DNSR) podem ser calculados a partir do valor EODR e da probabilidade de início do ciclo éstrico (LOOCR). A LOOCR é uma estimativa da duração biologicamente espectável do anestro pós-parto. A ideia base para a LOOC é a de que quanto mais distante estiver do parto, maior é a probabilidade de início do ciclo éstrico. A probabilidade aumenta de 0 a um máximo (PropCanR) que reflecte o facto de que existirá sempre uma proporção de vacas que, devido a disfunções reprodutivas, nunca entrará em ciclo.

**[0129]** A curva pode ser totalmente deslocada "na horizontal" por um factor de raça (BreedLOOCTR) e pelo estado energético (EnStat). Por outras palavras, a curva média para a paridade de raça é agora ajustada ao estado energético da vaca individual (cálculo efectuado a partir de outro modelo). De modo semelhante, o "declive" da função LOOCR pode ser modificado pelos problemas de saúde reprodutiva individuais, de acordo com o seu tipo (ProbTypeR) e gravidade (ProbSevR). O risco de anestro pós-parto prolongado (ProAnRiskR) é, simplesmente, o ajustamento de LOOCR para qualquer indício de actividade EOD. As vacas com um risco elevado de anestro pós-parto prolongado são aquelas para as quais não é encontrada uma explicação biológica satisfatória para o anestro - porque a LOOCR é ajustada para os modificadores biológicos do período de anestro individuais da vaca. O componente dias até à próxima amostra (DNSR) é calculado de forma semelhante para que o DNS predefinido (DNSOdefR) seja reduzido pelo EOD crescente e pelo risco acrescido de anestro pós-parto prolongado. Por outras palavras, se houver qualquer indício de actividade éstrica ou se existir um possível problema, então iremos querer acompanhar a vaca de forma mais próxima. O parâmetro DNSR é calculado em vários momentos ao longo do programa reprodutivo,



reflectindo o número de diferentes pontos de saída do modelo para a amostragem seguinte, mas apenas uma vez para cada execução. Nas Figuras 7b, 7c e 7d estes pontos de saída são sinalizados por uma seta cíclica. Este valor é sempre ajustado pelo Multiplicador de Precisão (PrecMultRfunc) que é inserido pelo utilizador com o intuito de aumentar ou reduzir a frequência média de amostragem.

**StatusR = 1 Ciclo éstrico com uma probabilidade muito reduzida de gravidez (Figura 7c)**

[0130] Esta parte do modelo reprodutivo lida com três condições: estro, fase folicular prolongada e fase lútea prolongada.

#### **A fase folicular (nível baixo de progesterona)**

[0131] Uma vez que a vaca se encontre em ciclo, o estro é definido pela primeira ocorrência de um nível de progesterona abaixo do LThreshR. Assume-se que o estro não pode ocorrer se o nível de progesterona estiver acima do LThreshR, independentemente de qualquer indício de estro. A identificação do estro causa uma alteração no estado reprodutivo para StatusR = 2, potencialmente grávida, independentemente de qualquer inseminação.

[0132] Para evitar que o estro seja indicado por cada nível sucessivo de progesterona abaixo do LThreshR, é utilizado um contador (CountR) e o estro só é indicado para o primeiro valor de progesterona abaixo do LThreshR. Para a indicação do estro, pode ser necessário que o declive do

perfil de progesterona (SlopeR) seja inferior a um limiar (SThreshR). Uma vez que estro tenha sido indicado, o modelo estima o período de espera até à inseminação (TimeToAIR) e a probabilidade de sucesso da inseminação proposta (LikeAISuccR). O desfasamento temporal predefinido para a AI é o estro esperado para o intervalo de ovulação, OestOvuIntR, este será então reduzido se houver qualquer indício de comportamento éstrico (EODR). A probabilidade da inseminação proposta ter sucesso (LikeAISuccR) é baseada numa taxa de concepção ideal (MaxConR) que pode então ser reduzida por 4 factores diferentes: estado energético, o número de estros, a duração do último ciclo éstrico e o declive do perfil de progesterona.

**[0133]** CyclenR é um valor suavizado da duração do ciclo expectável com base na duração dos ciclos anteriores para essa vaca. O CyclenR é actualizado a cada estro. Adicionalmente, durante o estro; o número de estros (OestNR) é aumentado em 1, o CountR é aumentado em 1 (prevenindo dessa forma uma repetição da indicação de estro para essa fase folicular), a data do estro anterior (DayOestR) é armazenada em OldOestR e actualizada para a data do estro actual. Finalmente, o parâmetro StatusR pode ser configurado como 2 e o componente dias até à próxima amostra pode ser definido para  $(2 \times \text{OestOvuIntR} + 1)$ . É importante notar que apesar do Estado ter sido alterado para 2, esta parte do programa (StatusR=2) não é introduzida até à próxima execução.

**[0134]** Uma execução seguinte (consecutiva) pode percorrer o "trajecto do estro" devido a uma amostra posterior de progesterona baixa (LeveiR é  $< \text{LThreshR}$ ) ou devido a uma execução desencadeada por uma entrada EOD (se a vaca tiver sido considerada como não se encontrando potencialmente grávida). Em ambos os casos, o parâmetro CountR é superior a

1, isto é, o estro já foi indicado para este período folicular (assumindo que SlopeR era superior a SThreshR). A duração da fase folicular é actualizada pela adição do intervalo decorrido entre a última execução e a actual a ". FolPerR. Ao mesmo tempo, a duração do período lúteo seguinte (LutPerR) pode ser actualizada para zero e o DayOestR ajustado para Data - OestOvuIntR. Na fase lútea, o LutPerR será incrementado pelo IntR. Após o estro, é colhida a amostra seguinte  $2 \times \text{OestOvuIntR}$ .

**[0135]** Se o parâmetro EOD estiver acima do EThreshR, poderá ser útil actualizar o cálculo do TimetoAI. Neste caso, não há necessidade de revisão do valor anterior do complemento dias até à próxima amostra. Se o motivo para se encontrar nesta parte do modelo for um período folicular mais longo, isto é,  $\text{EOD} < \text{EThreshR}$ , então, o risco de uma fase folicular prolongada (RiskFoIR) e o complemento dias até à próxima amostra (DNSR) são calculados com base no comprimento do período folicular. Quanto mais longo for o FolPerR, mais curto será o intervalo até à próxima amostragem.

### **A fase lútea (nível elevado de progesterona)**

**[0136]** Esta parte do modelo controla a frequência de amostragem na fase lútea e calcula o risco de uma fase lútea prolongada, ou seja, de um quisto lúteo. Esta parte do modelo lida primeiramente com uma potencial contra-indicação, nomeadamente, uma EOD elevada durante a fase lútea. Se o último valor da progesterona for elevado (acima do LThreshR) e a execução actual for desencadeada por uma EOD elevada (acima do EThreshR), então há algo que não coincide. Isto é resolvido definindo o componente Dias até à próxima amostra para 0, para verificar o nível de

progesterona. Implícita nesta está a suposição de que uma elevação de EOD não pode ocorrer se o nível de progesterona estiver elevado.

**[0137]** A duração da fase lútea é acumulada pelo tempo decorrido desde a última execução se o LeveIR estiver acima do LThreshR. O risco de um quisto lúteo (RiskLutR) é calculado com base na duração da fase lútea actual relativamente àquela esperada do CyclenR. A RLutLagR é uma constante para a duração média da fase folicular. A constatação de que a retenção da placenta predispõe para a ocorrência de quistos luteais deve ser incorporada como um multiplicador. Na fase lútea, o parâmetro Dias até à Próxima Amostra (DNSR) é calculado a partir de Cyclen e o declive do nível de progesterona (SlopeR) de forma a que o número crescente de dias desde o último estro e um declive mais negativo reduzam o DNSR. O parâmetro Dias até à próxima amostra diminui em proporção ao crescimento do intervalo decorrido desde o último estro. Se o sistema detectar um declínio no nível de progesterona, isto é, se SlopeR for negativo, então, o parâmetro DNSR será reduzido. Quanto mais negativo for o declive, menor será o DNSR.

#### **StatusR = 2 Potencialmente grávida (Figura 7d)**

**[0138]** A alteração para o estado StatusR=2 pode ser desencadeada de 2 formas: por ter sido detectado um estro ou por ter sido registada uma inseminação. Tornar o Estado 2 uma consequência de um estro detectado significa que a vaca é assumida como potencialmente grávida sem qualquer informação prévia acerca de uma inseminação. A razão para tal relaciona-se com a premissa subjacente de que a progesterona é a medida definitiva do estado reprodutivo.

Por outras palavras, esta forma de iniciar o Estado 2 garante que todas as gestações se iniciam a partir de um estro. Contudo, esta torna-se confusa se a execução subsequente do modelo for desencadeada por outra informação que não a do valor de progesterona, como a EOD dentro do período de estro.

**[0139]** Condicionar o Estado 2 à entrada de um registo de inseminação significa que se considera que a vaca de encontra no estado 1 até a introdução do registo, tornando extremamente importante a introdução precisa e atempada de dados de inseminação. Isso requer um procedimento algo insatisfatório de verificação da validade da inseminação em relação aos níveis de progesterona (que podem já estar desactualizados no momento de introdução dos dados da AI).

**[0140]** Quando StatusR = 2, a probabilidade de a vaca estar grávida (LikePregR) é calculada com base numa AI atempada (AITimeR), no nível de progesterona medido após a AI (LevTimeR) e de quaisquer avaliações de gravidez (PDR).

**[0141]** O AITimeR descreve o efeito da má planificação da inseminação em relação ao estro, onde a inseminação realizada demasiado cedo ou tarde tem menor probabilidade de resultar em gravidez. O LevTimeR usa os valores da progesterona e os dias desde a AI para indicar a probabilidade de existência de uma gravidez. Isto é um pouco mais complicado. Consideremos um determinado momento após a inseminação, por exemplo o 5º dia, onde um nível de progesterona de 6 ng/ml fosse considerado como um bom indício de que a gravidez teve sucesso. Contudo, ao 21º dia após a inseminação um nível de 6 ng/ml seria considerado como um forte indicador de que a gravidez estaria a falhar. Assim, é necessário considerar a relação entre o nível de

progesterona e a probabilidade de gravidez em função dos dias desde a inseminação.

**[0142]** Como mencionado acima, tornar o Estado=2 uma função da detecção do estro significa que a probabilidade de gravidez pode ser calculada antes da inserção de dados de inseminação. Isto fará com que o modelo volte ao Estado 1. Caso a execução seja causada por uma nova amostra de progesterona, este resultado é óptimo porque a amostra seguinte de progesterona é agendada para ocorrer cerca de 5 dias após o início do estro e, se a inseminação não tiver ocorrido até esse momento, a vaca não estará grávida. Contudo, se a execução for causada por algo que não o nível de progesterona como, por exemplo, um valor EOD, então não existem fundamentos para determinar que a vaca não está grávida. Esta questão é tratada através da utilização de uma variável chamada WaitR, que é inicialmente configurada como a data definida para a recolha da próxima amostra após declaração do estro. No Estado= 2, se o RunTime actual for inferior a WaitR o modelo não corre os cálculos do Estado 2. A variável WaitR é alterada pela introdução de uma inseminação para que os cálculos do estado 2 não sejam corridos durante um período de, provavelmente, 5 dias após a inseminação.

**[0143]** A determinação da gravidez (PDR) é também incluída no cálculo da probabilidade de gravidez. À primeira vista, parece que um valor positivo de PDR é o mais valioso, contudo, para a probabilidade de gravidez são mais interessantes os PDRs negativos, ou seja, que a vaca não esteja grávida. O valor de entrada da PDR é de 0,1 para não grávida, 0,5 para estado incerto e 1 para grávida. O valor PDR predefinido poderia ser 1 e a vaca seria considerada como grávida na ausência de informação em contrário. Desse modo, a introdução de um PDR=0,1 irá, provavelmente, fazer

com que a probabilidade de gravidez seja reduzida ao ponto de causar a reversão do estado reprodutivo da vaca para 1. Por outras palavras, a entrada PDR permite ao agricultor reverter os estados reprodutivos das vacas para ciclo se existirem evidências de que a vaca não está grávida.

**[0144]** Assim que a probabilidade de gravidez (LikePregR) tenha sido calculada é utilizada para decidir se a vaca deverá permanecer no Estado 2 ou voltar ao Estado 1. Se a LikePregR for inferior a um determinado limiar (PThreshR) assume-se que a vaca não está grávida e o modelo retrocede para o Estado 1 na presente execução do modelo. Isto é realizado em tempo real porque no momento em que a classificação definitiva da vaca como não grávida se torna possível (aproximadamente 21 dias após a inseminação) esta pode já estar a apresentar o seu estro seguinte.

**[0145]** Se se considerar que a vaca permanece potencialmente grávida (StatusR=2) então, é calculado o número de dias até à próxima amostra (DNSR).

## **Lista de dados de entrada e de saída (produtos)**

### **Entradas Sugeridas**

**[0146]**

<b>Parâmetro</b>	<b>Comentário</b>
CowID	ID única, não são permitidas duplicações
RunTimeR	O momento em que o modelo é activado. A sincronia do relógio surge aqui
ProgTimeR	Data e hora da amostra de progesterona mais recente
LevelR	Concentração de Progesterona - produto

Parâmetro	Comentário
	suavizado do SSM
SlopeR	taxa de variação na Progesterona - produto suavizado do SSM
IntR	Intervalo de tempo decorrido entre a última e penúltima amostras de progesterona - nem sempre é necessário pela manutenção da recorrência da LastRunR.
EODtimeR	Data e hora de uma Detecção Externa do Estro
EODinR	Probabilidade de estro baseada na detecção externa do estro - um valor entre 0 e 1
EODtypeR	O tipo de sistema EOD em utilização. Controla a precisão da EODR e da EODtimeR
PrecMultR	Multiplicador de Precisão para a reprodução
DFC	Dias desde o parto - deve ser validado de acordo com registos AI e de gestação anteriores
Raça	Código para as diferentes raças, incluindo "outras"
Paridade	1, 2 ou 3+
ProbTypeR	Código para o tipo de problema reprodutivo
ProbDateR	Data da primeira identificação
ProbSevR	Código da gravidade do problema: ligeira = 0,3, moderada = 0,6, grave = 0,9
ProbCertR	Código para a segurança do diagnóstico: possível = 0,3, provável = 0,6, inequívoco = 0,9
EnStat	Estado energético, produto de outro modelo
AIdateR	Data da última inseminação
PDdateR	Data da última determinação de gravidez
PDR	Código para o resultado da determinação de gravidez: Não grávida=0,1, Estado Incerto=0,5, Grávida=1,0



**Produtos Sugeridos ao Utilizador final:**

[0147]

Parâmetro	Utilizador final	Comentário
DNSR	Merkur	Dias até à próxima amostragem
DayOest1R	Gestor do rebanho	necessária para as estatísticas do rebanho
ProAnRiskR	Gestor da vaca	Risco de Anestro prolongado (a nível da vaca)
Ciclo éstrico	Gestor da vaca	indica as vacas em estro
Inseminar	Gestor da vaca	momento ideal sugerido para a AI (num determinado estro)
UkeAISuccR	Gestor da vaca	Probabilidade de sucesso estimada em caso de inseminação artificial (AIing)
RiskLutR	Gestor da vaca	Risco de um quisto lúteo
RiskFolR	Gestor da vaca	Risco de um quisto folicular
LikePregR	Gestor da vaca	Probabilidade de gravidez (numa determinada AI)
NotPregFlagR	Gestor da Vaca	Assinala o regresso ao Estado 1 se for excedido um prazo de 30 dias após a AI.
Max(OestN)	Gestor do rebanho	
necessita de especificação	Desenvolvedor	

**Aplicação da presente invenção para a determinação do estado da ureia e da proteína:**

[0148] Os estados da ureia e da proteína podem ser detectados em animais, como mostrado pela figura 8. A informação fornecida pela ureia no leite pode ser difícil de interpretar sem considerar, simultaneamente, o estado energético e as informações sobre a formulação alimentar. A disponibilidade desta informação permitirá a individualização da alimentação dos animais.

[0149] Adicionalmente, como ilustrado na figura 8, o modelo *biológico* para a ureia é muito simples. O motivo para tal é o de que a interpretação biológica dos dados associados à ureia pode ser muito reduzida, a menos que seja associada a uma avaliação do estado energético. Para além disso, os níveis anormais de ureia no leite podem dever-se quer a problemas no equilíbrio das fontes de proteína (qualidade proteica) a nível da alimentação, como a desequilíbrios no rácio entre proteínas e energia.

[0150] O propósito do modelo de ureia aqui apresentado é o de permitir a monitorização dos níveis de ureia no leite baseada em grupos (também é possível monitorizar a nível individual). Espera-se que este seja útil em relação às exigências regulamentares para a qualidade do leite e poluição ambiental. O modelo consiste num composto biométrico para obter valores suavizados de ureia das vacas individuais, a partir dos quais são retiradas as médias do grupo.

[0151] Nota: Todas as designações dos parâmetros do modelo de ureia acabam com um U maiúsculo (de ureia) - se o "U" for omitido, estas devem (até certo ponto) ser de fácil leitura.

### **Definição de Grupo**

**[0152]** Esta deve derivar de um Sistema de Gestão do Rebanho, ou seja, da introdução de dados pelo agricultor. É necessário que o agricultor introduza o "grupo físico" relevante para cada vaca. O "grupo físico" pode ser um ou mais de:

Localização física:

o estábulo ou subdivisão do mesmo onde a vaca se encontra localizada.

Grupo de ordenha:

este seria, normalmente, igual à localização física.

Grupo alimentar:

este pode não equivaler à localização física se estiverem presentes sistemas avançados de distribuição alimentar.

**[0153]** Prevê-se igualmente que seja possível apresentar resultados de acordo com o "grupo biológico", ou seja, agrupamentos baseados na raça, paridade e fase de lactação.

### **Apresentação do Limiar de Ureia**

**[0154]** Atendendo à informação biológica do grupo e à informação da literatura pode ser incluído no modelo um nível predefinido ideal de ureia para cada grupo biológico, a partir do qual são gerados, para referência, os níveis mínimo e máximo de ureia recomendados. Estes devem ser passíveis de alteração pelo utilizador para se adequar às condições locais, como o tipo de alimentação e as exigências regulamentares.

### **Desencadear uma execução do modelo e manipulação da frequência de amostragem**

[0155] O parâmetro Dias até à próxima amostra está directamente sob o controlo do utilizador, através da introdução do Grau de rastreabilidade. Adicionalmente, é solicitado ao utilizador que especifique qual a proporção de cada um dos grupos que requer ou necessita de ser amostrada. Deste modo é possível adequar a precisão das medições de ureia para coincidir com o interesse nos níveis de ureia do leite.

### **Apresentação dos resultados de ureia no grupo**

[0156] O utilizador final deverá ser capaz de acompanhar a progressão dos níveis de ureia do grupo relativamente à data de calendário e aos dias a partir do parto (DFC). Assim, o cálculo da média (AvgLevelU) e do desvio padrão (StdLevelU) do nível de ureia devem ser concretizados para cada DFC ou cada data de calendário. Poderá também ser útil caracterizar qual o tipo de vaca, isto é, o grupo biológico, que é dominante nas caudas de distribuição dos níveis de ureia. Poderá também ser necessário que as vacas seleccionadas para amostragem de ureia sejam uniformemente distribuídas entre os grupos biológicos relevantes.

### **Lista de dados de entrada e de saída (produtos)**

#### **Entradas Sugeridas**

[0157]

Parâmetro	Comentário
CowID	ID única, não são permitidas duplicações
UreaTimeU	Data e hora da amostra de ureia mais recente
LevelU	Concentração de Ureia - produto suavizado do SSM
PrecMultU	n.º da amostra/grupo
DNSU	grau de rastreabilidade
Grupo	definição de grupo físico
DFC	Dias desde o parto - deve ser validado de acordo com registos de gestação e AI anteriores
Raça	Código para as diferentes raças, incluindo "outras"
Paridade	1, 2 ou 3+
UpThreshU	Nível máximo de ureia recomendado
LoThreshU	Nível mínimo de ureia recomendado

**Produtos Sugeridos ao Utilizador final:**

[0158]

Parâmetro	Comentário
GroupTime	os dias desde o parto ou data de calendário a que se relaciona a média da ureia
AvgLevelU	média de ureia do grupo
StdLevelU	desvio padrão da ureia do grupo

**Aplicação da presente invenção para a determinação da gordura do leite, da proteína do leite e do estado energético:**

**[0159]** A gordura do leite, a proteína do leite e o estado energético podem ser detectados em animais, como mostrado pela figura 9. O estado energético é definido como a dimensão da mobilização lipídica (energética) corporal que é totalmente natural para uma vaca numa situação não comprometedora. Isto está representado no gráfico, a equação de estado energético, e corresponde aos componentes sombreados do gráfico. Prevê-se que o índice de mobilização corporal não comprometido possa ser obtido com uma precisão razoável a partir da informação sobre genótipo, paridade e dias a partir do parto. Contudo, a medição da perda corporal total ( $dBL/dt$ ) em tempo real é uma perspectiva muito mais difícil. Gordura do leite: a proporção da proteína deve constituir um indicador, especialmente quando conjugada com as medições de ureia.

**[0160]** Poderia ser estabelecido um modelo alternativo para a gordura e proteína do leite.

**[0161]** O custo por amostra de medição de um parâmetro é, normalmente, relativamente elevado pelo que os modelos descritos necessitam de ser capazes de correr de forma estável quando a frequência de amostragem é muito baixa. O desempenho do modelo espaço de estados pode ser substancialmente reduzido em frequências baixas. Desse modo, o número de parâmetros e os parâmetros externos incluídos no modelo podem ser variáveis e dependentes, por exemplo, de exigências nacionais para a exactidão e precisão da medição.

**[0162]** Os modelos não limitativos descritos para a detecção de um parâmetro seleccionado não devem ser circunscritos aos modelos mencionados, uma vez que deverá ser óbvio para o especialista de que modo poderá alterá-los e optimizá-los. Adicionalmente, o âmbito da presente

invenção não está limitado aos parâmetros (BHB, indicador de mastite (por exemplo, LDH ou NAGase), progesterona, ureia, estado das proteínas, gordura do leite, proteínas do leite e estado energético) detalhadamente descritos atrás.

### Exemplos

**[0163]** A fim de ilustrar a metodologia, foram gerados os dados  $\{Y_t\}_{t=1,\dots,50}$  de acordo com o modelo de crescimento linear com exceções, condicionadas a  $M_t(j)$ , dadas pela equação de observação:  $Y_t = F_t\theta_t + v_t$ , com  $F_t = (1 \ 0)$  e  $\theta_t = (\mu_t, \beta_t)'$ ; equação(ões) de sistema  $\mu_t = \mu_{t-1} + \beta_t + \varepsilon_{\mu t}$  e  $\beta_t = \beta_{t-1} + \varepsilon_{\beta t}$  com  $v_t | M_t(j) \sim N(0, V(j))$ ,  $\varepsilon_{\mu t} | M_t(j) \sim N(0, E_{\mu}(j))$  e  $\varepsilon_{\beta t} | M_t(j) \sim N(0, E_{\beta}(j))$ ,  $j = 1, \dots, 4$  e  $t = 1, \dots, 50$  assumidos como mutuamente independentes.

**[0164]** Na Fig. 3, o gráfico A apresenta os dados simulados, o gráfico B apresenta as probabilidades posteriores dos 4 modelos diferentes nos momentos  $t = 1, \dots, 50$  e os gráficos C e D apresentam as probabilidades suavizadas para o passo anterior dos 4 modelos diferentes nos momentos  $t = 1, \dots, 49$  e  $t = 1, \dots, 48$ , respectivamente.

$$\begin{pmatrix} \theta_t \\ \theta_t \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \theta_{t-1} + w_t \quad \text{with} \quad w_t | M_t(j) \sim N_2(0, W_t(j)); \quad W_t(j) = \begin{pmatrix} E_{\mu}(j) + E_{\beta}(j) & E_{\mu}(j) \\ E_{\mu}(j) & E_{\mu}(j) \end{pmatrix},$$

**[0165]** Os valores dos diferentes parâmetros são fornecidos na Tabela 1.  $\theta_0$  foi arbitrariamente configurado como  $(4 \ 0)'$  e todos os dados foram simulados a partir do Modelo 1 (estado estacionário), excepto para uma alteração do nível no momento 10, para uma alteração no declive no momento 25 e para um *outlier* no momento 40. Os parâmetros da Tabela 1

foram usados na análise e a informação inicial foi (arbitrariamente) assumida como

$$\theta_0 \sim \mathcal{N}_2\left(\begin{pmatrix} 4 \\ 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 20 & 0 \\ 0 & 10 \end{pmatrix}\right).$$

Tabela 1. Parâmetros usados para a análise de dados simulados.

Modelo $j$	Nome	$\pi_0(j)$	$V(j)$	$E_\mu(j)$	$E_\beta(j)$
1	estado estacionário	0,94	1,0	0,0	0,0
2	alteração no nível	0,02	1,0	20,0	0,0
3	alteração no declive	0,02	1,0	0,0	10,0
4	<i>outlier</i> (valor atípico)	0,02	50,0	0,0	0,0

[0166] O dados simulados são mostrados na Fig. 3.A. As probabilidades posteriores (Fig. 3.B) do modelo *outlier* são muito elevadas nos momentos 10, 25 e 40. Isto é, foram detectadas alterações abruptas - mas não a verdadeira natureza das alterações. O *outlier* é destacado (sem falsas detecções positivas de *outliers*) de probabilidades suavizadas para o passo anterior (Fig. 3.C). Finalmente, a partir de probabilidades suavizadas para os dois passos anteriores (Figura 3.D) são obtidas probabilidades elevadas dos modelos usados na simulação, em todos os pontos temporais.

[0167] Existe, assim, uma modelação e monitorização de séries temporais biológicas sujeitas a *outliers* e alterações nas variáveis latentes subjacentes apresentadas por Smith e West (1983). Smith e West usaram o modelo com sucesso para fornecer as probabilidades de alterações graves na função renal de doentes individuais que tinham



recebido transplantes recentemente. Não obstante, verificou-se que o método é relevante no sector agrícola. Por exemplo, com base na medição regular de In (contagem de células somáticas) ou outros indicadores de mastite, é possível fornecer a probabilidade de mastite e detectar a mastite mais cedo e de forma mais confiável do que através de outros métodos devido à flexibilidade dos modelos. Em aplicações de modelos de mistura multiprocesso de classe II, os parâmetros foram encontrados a partir de ensaios empíricos com o sistema (ver, por exemplo, Smith e West (1983) e Thyssen (1992)). Além disso, a informação de familiares pode ser incorporada nos modelos de mistura e pode ser integrada a estimativa do valor de reprodução.

**[0168]** Apesar de, na apresentação acima, as vacas terem sido mencionadas a título de exemplo deve entender-se que os princípios e características discutidos se aplicam igualmente a outros animais, especialmente domésticos, como as ovelhas, cabras, búfalos, camelos, porcos, cavalos e galinhas.

## **BIBLIOGRAFIA**

### **[0169]**

Harrison P.J., Stevens C.F. (1976) J. of the Stat. Soc. Ser. B 38, 205-247.

Smith A.F.M., West M. (1983) Biometrics 39, 867-878.

Thyssen I. (1993) Acta Agric. Scand. Sect. A., Animal Sci. 43, 58-64.

US 6.405.672

R. M. de Mol (2000), "Automated detection of oestrus and mastitis in dairy cows".

## **REIVINDICAÇÕES**

**1.** Um sistema para observar e prever o estado fisiológico de um animal, sistema esse que inclui:

- um computador que inclui um processador e está funcionalmente ligado a uma base de dados,
- pelo menos um dispositivo de fornecimento de amostras para fornecer repetitivamente pelo menos uma amostra de um fluido corporal do animal,
- um aparelho de análise para analisar pelo menos uma amostra, de modo a obter pelo menos um valor de amostra de pelo menos um parâmetro do fluido corporal,
- uma interface de dados para introduzir repetitivamente o valor amostral do pelo menos um parâmetro na base de dados,

em que a base de dados está adaptada para o armazenamento de múltiplas entradas de dados representativas do valor amostral do pelo menos um parâmetro, em vários pontos no tempo, e em que o processador é programado para:

- realizar pelo menos uma análise matemática de pelo menos um valor amostral, e
- seleccionar, com base em pelo menos uma análise matemática, o ponto temporal em que deve ser fornecida uma amostra subsequente e realizar uma análise subsequente da referida amostra para pelo menos um dos parâmetros.

**2.** Um sistema de acordo com a reivindicação 1, em que a análise matemática é uma análise estatística.

3. Um sistema de acordo com a reivindicação 2, em que a análise estatística é uma análise univariada das entradas na base de dados para obter um primeiro conjunto de dados que representam os valores esperados da amostra de pelo menos um dos parâmetros em futuros pontos temporais.

4. Um sistema de acordo com qualquer uma das reivindicações 2 ou 3, em que a análise estatística é uma análise multivariada das entradas da base de dados para produzir um segundo conjunto de dados derivados da análise combinada de valores amostrais de pelo menos dois parâmetros.

5. Um sistema de acordo com a reivindicação 4, em que o primeiro e segundo conjuntos de dados são combinados de modo a obter um terceiro conjunto de dados representativos do estado fisiológico do animal.

6. Um sistema de acordo com a reivindicação 5, em que o primeiro, segundo e terceiro conjuntos de dados obtidos são armazenados na base de dados.

7. Um sistema de acordo com as reivindicações 3-6, em que o processador é programado para realizar a análise univariada empregando pelo menos um Modelo Espaço de Estados (SSM).

8. Um sistema de acordo com as reivindicações 4-7, em que o processador é programado para realizar a análise multivariada de projecção, como por exemplo a Análise de Componentes Principais (PCA).

9. Um sistema de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, em que a pelo menos uma amostra de um fluido corporal compreende pelo menos uma amostra de leite cru, e em que o dispositivo de fornecimento da pelo menos uma amostra está preparado para fornecer a amostra de leite cru.

**10.** Um sistema de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, em que o aparelho de análise está preparado para realizar análise de espectroscopia, por exemplo, análise num espectro próximo de infravermelho ou de onda média de infravermelho, da amostra do fluido corporal.

**11.** Um sistema de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, em que o aparelho de análise inclui dispositivos analíticos de suporte sólido.

**12.** Um sistema de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, em que o aparelho de análise está preparado para determinar o(s) valor(es) amostral(is) de pelo menos um parâmetro seleccionado do grupo constituído por: LDH, NAGase, progesterona, produção de leite, FPD e condutividade, gordura A, gordura B, proteínas, lactose, ureia, ácido cítrico, TS, SNF e um ou mais dos corpos cetónicos na amostra ou amostras.

**13.** Um sistema de acordo com qualquer uma das reivindicações 5-12, em que a base de dados armazena pelo menos um conjunto predeterminado de dados que representam pelo menos um estado fisiológico do animal, e em que o processador é ainda programado para comparar o terceiro conjunto de dados ao pelo menos um conjunto predeterminado de dados.

**14.** Um sistema de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, em que a base de dados inclui pelo menos um valor externo de pelo menos um parâmetro externo.

**15.** Um sistema de acordo com a reivindicação 14 em que, o pelo menos um parâmetro externo é seleccionado do grupo de parâmetros constituído por: idade do animal, raça do

animal, peso do animal, reprodução do animal, especificidades alimentares, estação, localização geográfica, identificação do rebanho de origem.

**16.** Um sistema de acordo com qualquer uma das reivindicações 14 ou 15, em que o processador é ainda programado para realizar a análise das entradas de dados para obtenção de uma indicação do estado fisiológico do animal, pelo que o valor externo é incluído na análise de dados.

**17.** Um método para observar e prever o estado fisiológico de um animal, método esse que inclui:

- fornecer repetidamente pelo menos uma amostra de fluido corporal do animal,
- analisar pelo menos uma amostra, de forma a obter pelo menos um valor amostral ou pelo menos um parâmetro do fluido corporal,
- introduzir o valor amostral do pelo menos um parâmetro numa base de dados de um sistema informático,

em que a base de dados é carregada com múltiplas entradas de dados representativas do valor amostral de, pelo menos, um parâmetro em diversos pontos temporais, e

- realizar pelo menos uma análise matemática de pelo menos um valor amostral, e
- seleccionar, com base em pelo menos uma análise matemática, o ponto temporal em que deve ser fornecida uma amostra subsequente e realizar uma análise subsequente da referida amostra para pelo menos um dos parâmetros.

**18.** Um método de acordo com a reivindicação 17, em que a análise matemática é uma análise estatística.

**19.** Um método de acordo com a reivindicação 18, em que a análise estatística é uma análise univariada das entradas na base de dados para obter um primeiro conjunto de dados que representam os valores esperados da amostra de pelo menos um dos parâmetros em futuros pontos temporais.

**20.** Um método de acordo com qualquer uma das reivindicações 18 ou 19, em que a análise estatística é uma análise multivariada das entradas da base de dados para produzir um segundo conjunto de dados derivados da análise combinada de valores amostrais de pelo menos dois parâmetros.

**21.** Um método de acordo com a reivindicação 20, em que o primeiro e segundo conjuntos de dados são combinados de modo a obter um terceiro conjunto de dados representativos do estado fisiológico do animal.

**22.** Um método de acordo com a reivindicação 21, em que o primeiro, segundo e terceiro conjuntos de dados obtidos são armazenados na base de dados.

**23.** Um método de acordo com qualquer uma das reivindicações 19-22, em que a análise univariada é realizada em pelo menos um Modelo Espaço de Estados (SSM).

**24.** Um método de acordo com a reivindicação 23, em que o modelo Espaço de Estados fornece probabilidades de mudança.

**25.** Um método de acordo com qualquer uma das reivindicações 17-24, em que um modelo dinâmico linear é estendido para um modelo de mistura multiprocesso de classe II com um procedimento de actualização recursivo.

**26.** Um método de acordo com qualquer uma das reivindicações 20-25, em que a análise multivariada é realizada como um análise multivariada de projecção, como por exemplo a Análise de Componentes Principais (PCA).

**27.** Um método de acordo com qualquer uma das reivindicações 20-26, em que, na análise multivariada, são seleccionados pelo menos dois conjuntos dissociados de Componentes Principais.

**28.** Um método de acordo com qualquer uma das reivindicações 17-27, em que a pelo menos uma amostra de um fluido corporal compreende pelo menos uma amostra de leite cru, e em que o dispositivo de fornecimento da pelo menos uma amostra fornece a amostra de leite cru.

**29.** Um método de acordo com qualquer uma das reivindicações 17-28, incluindo, no passo de análise da pelo menos uma amostra, realizar uma análise de espectroscopia, por exemplo, análise num espectro próximo de infravermelho ou de onda média de infravermelho, da amostra do fluido corporal.

**30.** Um método de acordo com qualquer uma das reivindicações 20-29, em que o sistema informático é programado para realizar a análise multivariada dos dados usando um modelo PLSR.

**31.** Um método de acordo com qualquer uma das reivindicações 17-30, em que os valores amostrais do histórico são agrupados em classes, e em que as classes são analisadas individualmente por meio de Análise de Componentes Principais.

**32.** Um método de acordo com qualquer uma das reivindicações 17-31, em que o estado fisiológico é determinado por comparação de um padrão no valores amostrais com um padrão

de valores dos parâmetros de referência característico de um estado fisiológico predeterminado.

**33.** Um método de acordo com qualquer uma das reivindicações 20-32, em que é utilizado um modelo matemático do tipo

$$X = T_a * P_a' + E$$

na análise multivariada dos dados, em que  $X$  representa a matriz de valores amostrais ponderada ou submetida a outro pré-tratamento,  $T$  representa as variáveis latentes,  $P$  é o vector próprio de uma matriz de correlação determinada como sendo  $X'X$ , e  $E$  é uma matriz residual que reúne o ruído aleatório e  $a$  representa uma dimensão do modelo.

**34.** Um método de acordo com a reivindicação 33, em que os valores amostrais são amostrados num padrão  $x_t$ , e em que a projecção de  $x_t$  em cada um dos modelos,  $t_i$ , é determinada como  $t_i = x_i * P$ .

**35.** Um método de acordo com as reivindicações 34, em que:

- é determinada uma influência  $h$  (*leverage*), como a soma dos quadrados dos elementos de  $t_i$ ,
- um  $r$  residual é determinado como a soma dos quadrados dos elementos de um vector determinado como  $x_i - t_i * P$ ,
- as quantidades  $h$  e  $r$  são normalizadas com os respectivos níveis de significância de 95% para o modelo matemático, e em que
- $x_i$  é incluído no modelo em questão se o comprimento do vector  $(h, r)$  for inferior a  $\sqrt{2}$ .



**36.** Um método de acordo com qualquer uma das reivindicações 17-35, em que o valor(es) amostral de pelo menos um ou mais parâmetros é seleccionado do grupo constituído por: NAGase, progesterona, produção de leite, FPD e condutividade, gordura A, gordura B, proteínas, lactose, ureia, ácido cítrico, TS, SNF, e um ou mais dos corpos cetónicos é/são determinados no dispositivo de análise.

**37.** Um método de acordo com qualquer uma das reivindicações 17-36, em que as entradas da base de dados compreendem ainda pelo menos um valor externo de pelo menos um parâmetro externo, e em que a análise multivariada dos data emprega o pelo menos um valor externo.

**38.** Um método de acordo com a reivindicação 37, em que o pelo menos um parâmetro externo inclui pelo menos um dos seguintes: idade do animal, raça do animal, peso do animal, reprodução do animal, especificidades alimentares, estação, localização geográfica, identificação do rebanho de origem.

**39.** Um método de acordo com qualquer uma das reivindicações 17-38, em que a base de dados armazena pelo menos um conjunto predeterminado de dados que representam pelo menos um estado fisiológico do animal, e em que o processador é ainda programado para comparar o terceiro conjunto de dados ao pelo menos um conjunto predeterminado de dados.

**40.** Um método de acordo com qualquer uma das reivindicações 37-39, em que o processador é ainda programado para realizar a análise das entradas de dados para obtenção de uma indicação do estado fisiológico do animal, pelo que o valor externo é incluído na análise de dados.

## FIGURAS

### Figura 1

Células

Amostra n.º

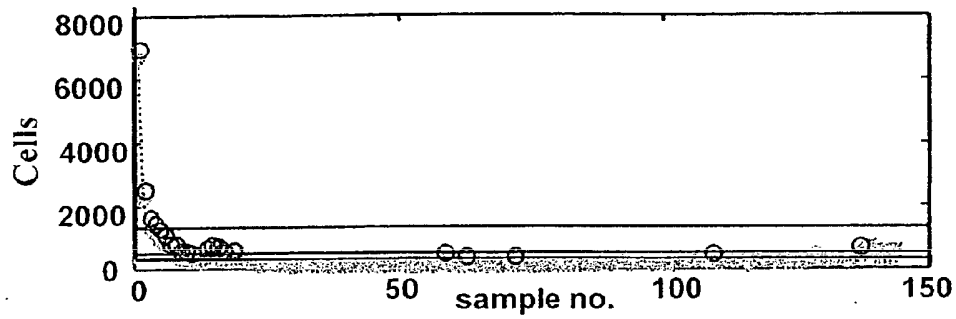


Fig. 1

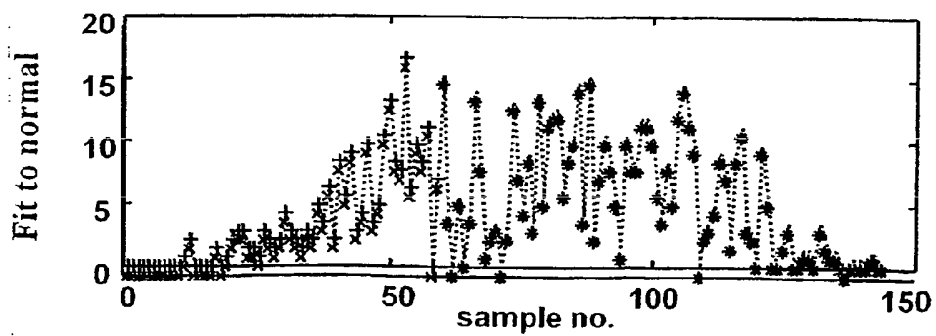


Fig. 2

### Figura 2

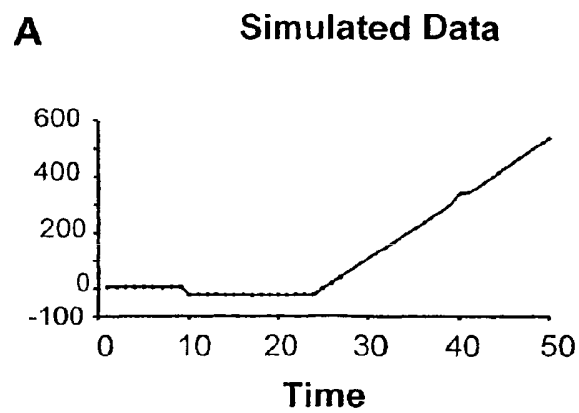
Dados normalizados

Amostra n.º

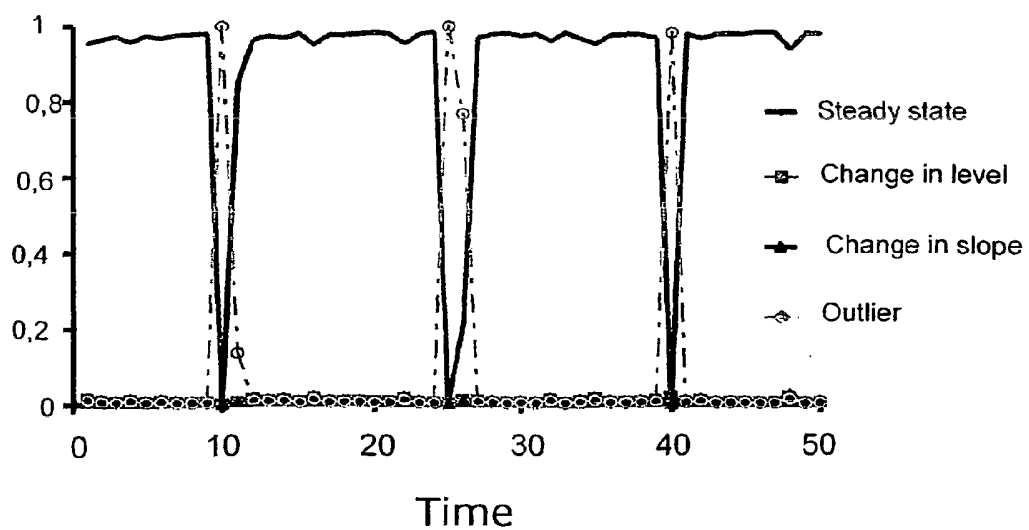
**Figura 3A**

Dados simulados

Tempo



**B** **Posterior probabilities**



**Fig. 3**

**Figura 3B**

Probabilidades posteriores

Estado estacionário

Alteração no nível

*Outlier*

Tempo

**Figura 3C - Probabilidades suavizadas para a etapa anterior**

Estado estacionário

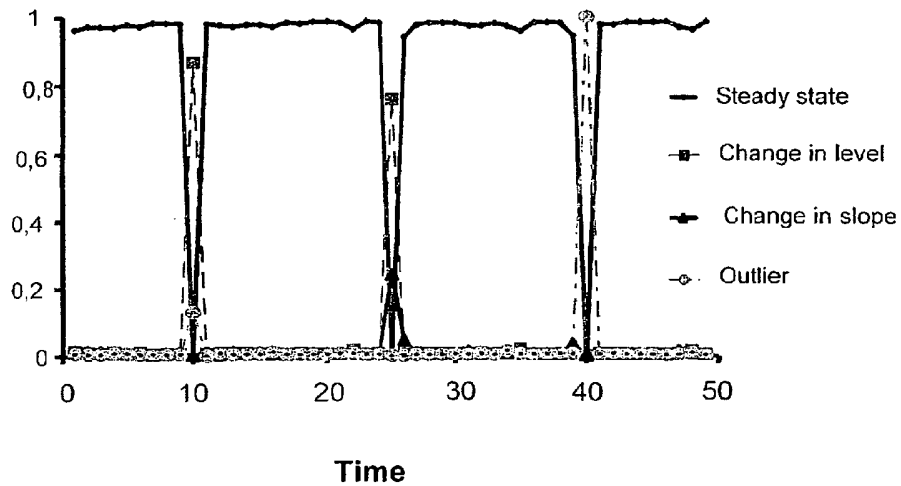
Alteração no nível

Alteração na curva

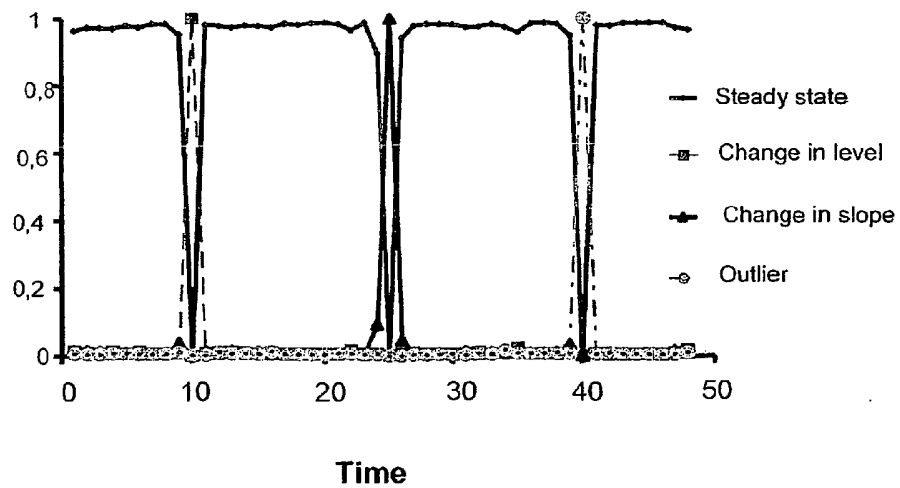
*Outlier*

Tempo

**C One step back smoothed probabilities**



**D Two step back smoothed probabilities**



**Fig. 3**

**Figura 3D - Probabilidades suavizadas para as duas etapas anteriores**

Estado estacionário

Alteração no nível

Alteração na curva

*Outlier*

Tempo

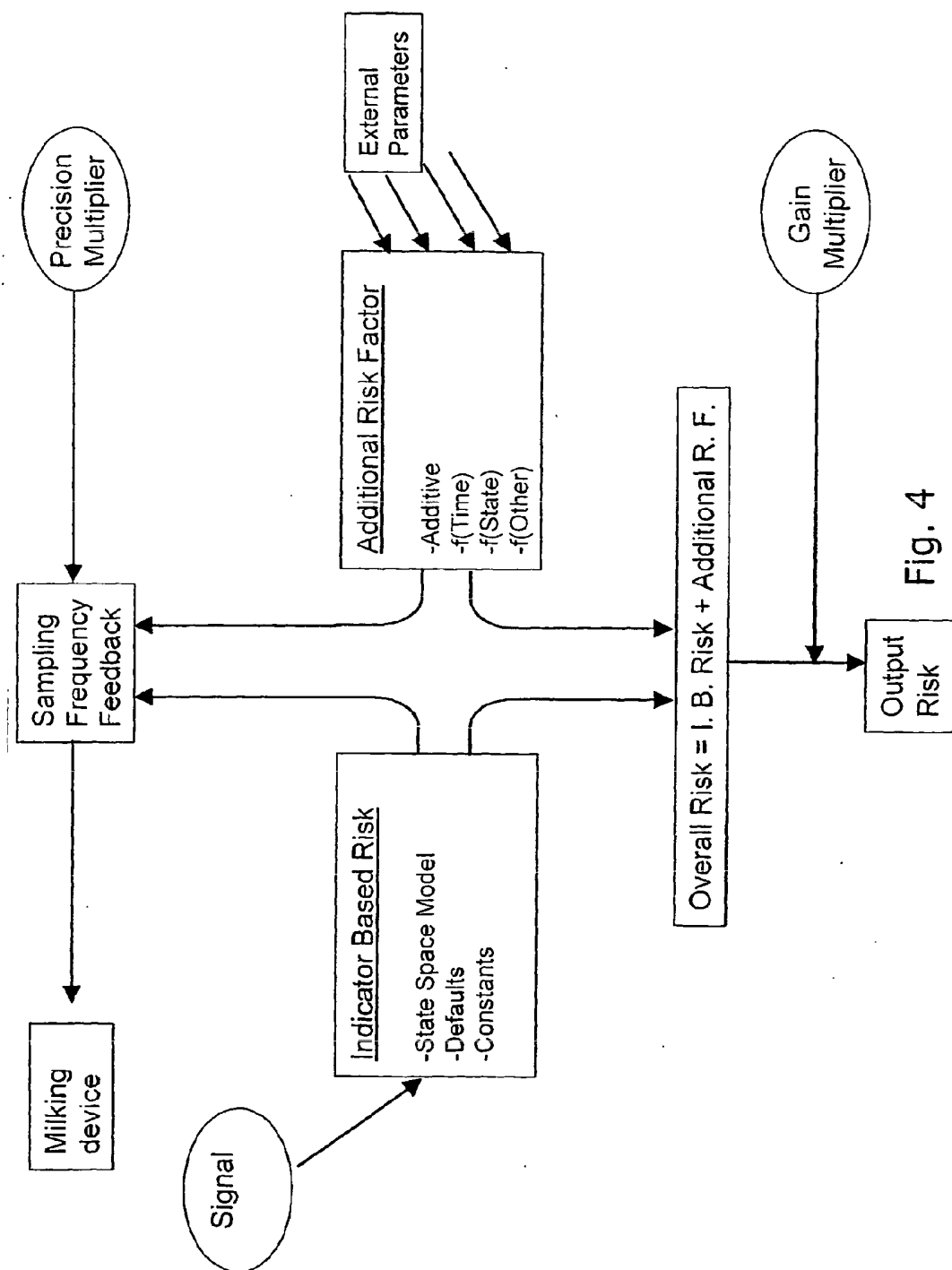


Fig. 4

#### Figura 4

Dispositivo de ordenha  
 Feedback da frequência de amostragem  
 Multiplicador de Precisão  
 Sinal  
 Risco baseado em indicadores (IBR)  
 - Modelo Espaço de Estados  
 - Predefinições

- Constantes

Factor de risco adicional (ARF)

- Aditivo

-  $f(\text{Tempo})$

-  $f(\text{Estado})$

-  $f(\text{Outro})$

Parâmetros externos

Risco global = IBR + ARF

Multiplicador de Ganho

Produto do risco

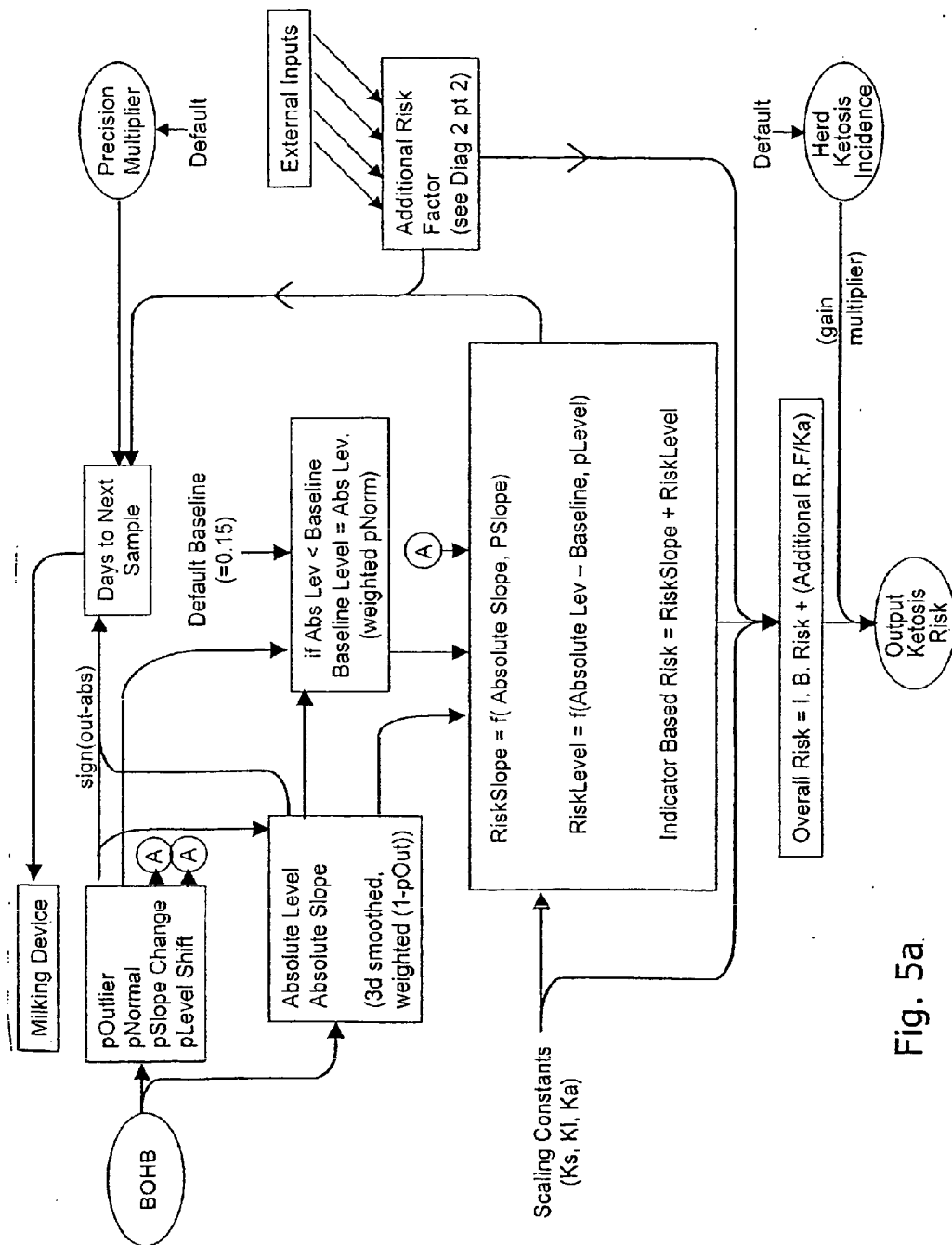


Fig. 5a

### Figura 5a

Dispositivo de ordenha  
BOHB  
pOutlier  
pNormal  
Alteração em pSlope  
Mudança do pLevel  
Dias até à próxima amostra  
Multiplicador de Precisão  
Sinal (saída-abs)  
Predefinição

Valor inicial predefinido (=0.15)  
 Nível Absoluto  
 Curva Absoluta  
 (3° suavizado, ponderado (1-pOut))  
 Se nível abs. < valor inicial  
 Nível inicial= Nível abs.  
 (pNorm ponderado)  
 Entradas de dados exteriores  
 Factor de risco adicional  
 (ver Diag. 2 pto 2)  
 Constantes de escala (Ks, Kl, Ka)  
 $RiskSlope = f(\text{Curva absoluta}, PSlope)$   
 $RiskLevel = f(\text{Nível absoluto} - \text{valor inicial}, PLevel)$   
 $Risco \text{ baseado em indicadores} = RiskSlope + RiskLevel$   
 $Risco \text{ Global} = IBR + (ARF/Ka)$   
 Produto do Risco de Cetose  
 (multiplicador de ganho)  
 Predefinições  
 Incidência de cetose no rebanho  
 Produto do risco



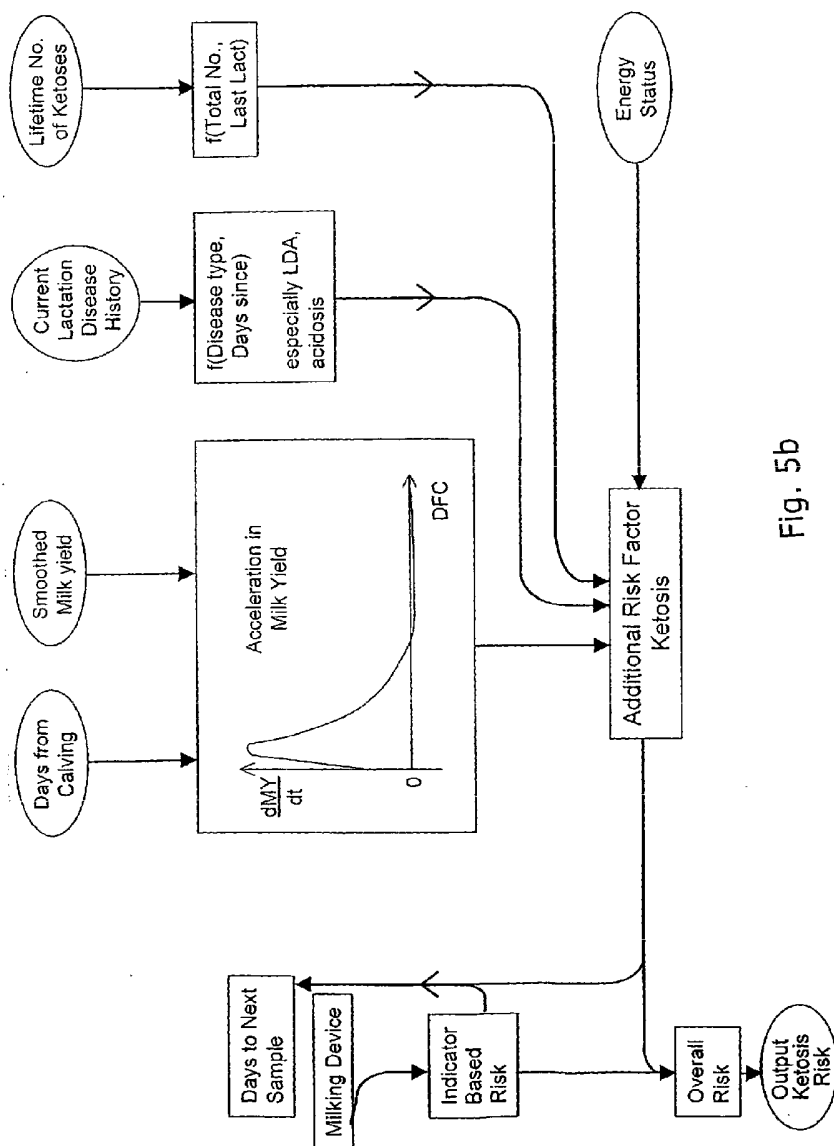


Fig. 5b

### Figura 5b

Dias desde o parto

Produção de leite suavizada

Histórico da doença de lactação actual

N.º de cetoses ao longo da vida

Dias até à próxima amostra

Dispositivo de ordenha

$dMA/dt$

Aceleração na produção de leite

f(Tipo de doença, dias desde)

especialmente LDA, acidose

f(N.º Total, Última lact.)

Risco baseado em indicadores

Risco Global

Factor de risco adicional

Cetose

Estado energético

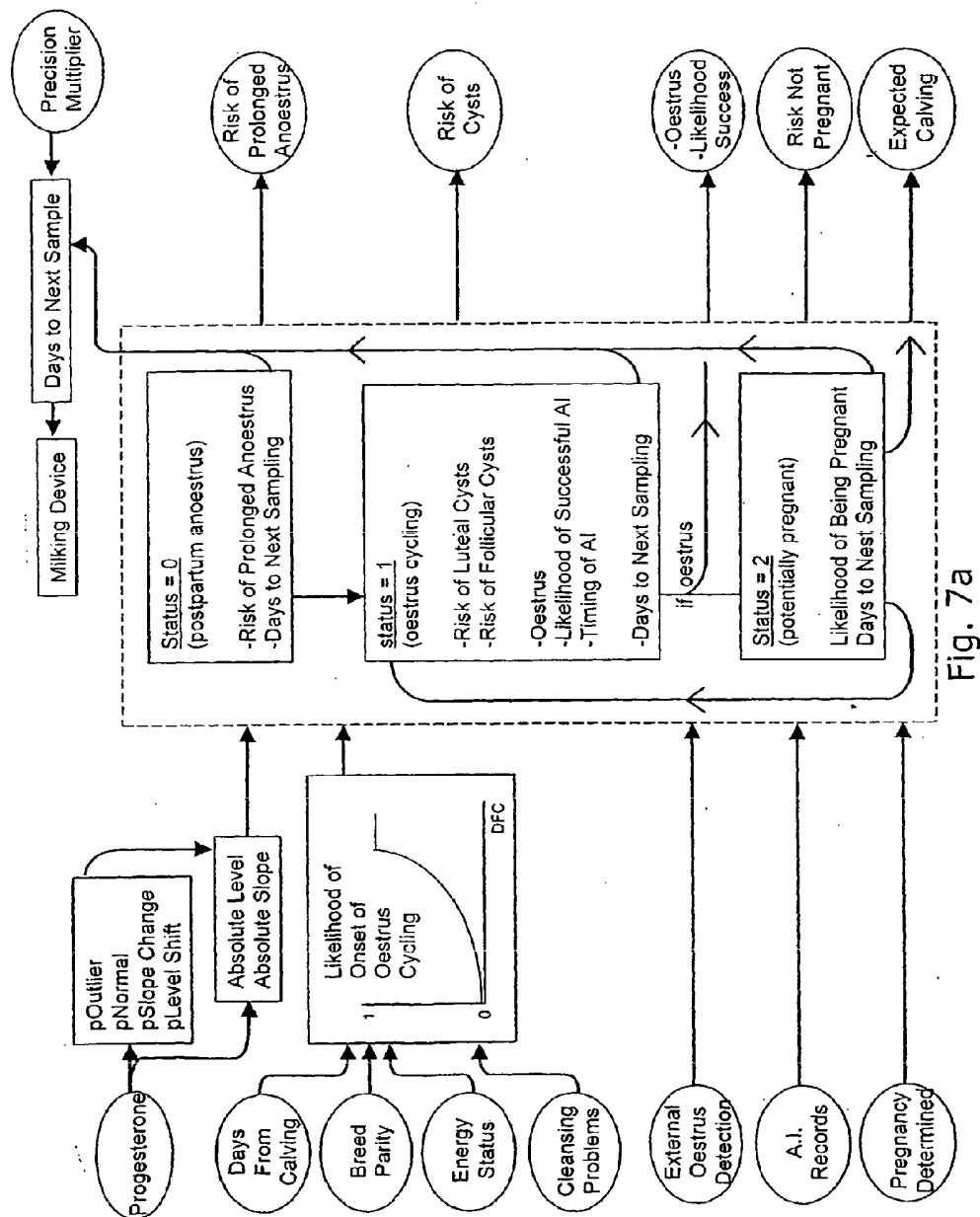
Produto do Risco de Cetose



Valor predefinido estável  
 Entradas de dados exteriores  
 Factor de risco adicional  
 (ver Fig. 6b)  
 Nível Absoluto  
 Curva Absoluta  
 (não suavizada, ponderada (1-pOut))  
 Nível estável  
 (7° suavizado)  
 na Fig. 6b  
 $\Sigma$  (Nível) do grupo  
 Constantes de escala (Ks, Kl, Ka)  
 $RiskSlope = f$  (Curva absoluta, PSlope)  
 $RiskLevel = f$  (Nível absoluto - valor inicial, pLevel)  
 Risco baseado em indicadores = RiskSlope + RiskLevel  
 $Risco\ Global = IBR + (ARF/Ka)$   
 Predefinições  
 Incidência de mastite no rebanho  
 SCC esperado do leite a granel  
 Alarme de qualidade do leite ao nível da vaca  
 Produto do Risco de Mastite  
 + Quarto em risco  
 Condutividade do quarto  
 de Fig. 6b



Aceleração na produção de leite  
(=curva SSM)  
Risco baseado em indicadores  
Histórico de mastite de lactação actual  
Estado energético  
Factor de risco adicional  
Mastite  
Risco Global  
efeito sobretudo na freq. de amostragem  
Condutividade ao nível do quarto  
identificar quarto em risco  
Produto do Risco de Mastite



**Figura 7a**

Dispositivo de ordenha  
 Dias até à próxima amostra  
 Multiplicador de precisão  
 Progesterona  
 pOutlier  
 pNormal  
 Alteração em pSlope  
 Mudança do pLevel  
 Nível Absoluta  
 Curva Absoluta  
 Estado = 0  
 (anestro pós-parto)

- Risco de anestro prolongado
- Dias até à próxima amostra

Risco de anestro prolongado  
Dias desde o parto  
Produção de leite  
Paridade de raça  
Estado energético  
Problemas de limpeza  
Probabilidade de início do ciclo éstrico

Estado = 1  
(ciclo éstrico)

- Risco de quistos luteais
- Risco de quistos foliculares
- Estro
- Probabilidade de êxito na IA
- Momento da IA
- Dias até à próxima amostra

Risco de quistos  
Detecção externa do estro  
Se estro

- Estro
- Probabilidade de sucesso

Registos de IA

Estado = 2  
(potencialmente grávida)

Probabilidade de estar grávida  
Dias até à próxima amostra  
Risco de ausência de gravidez  
Gravidez confirmada  
Parto esperado





Curva Abs.  
 Intervalo  
 EOD=f(EOD tempo)  
 de outros estados  
 Detecção externa do estro  
 Estado = 0  
 Nível Abs.  
 $\leq$   
 LThresh  
 S  
 N  
 Contagem = 0  
 Probabilidade de início do ciclo éstrico  
 Dias desde o parto  
 Paridade de raça  
 Estado energético  
 Problemas de limpeza  
 OestN = OestN+1  
 DayOest1 = Data - &  
 DayOest = Data - &  
 LutPer, contagem =0  
 DNS = 1  
 contagem +1  
 FolPer = OestOvulnt  
 DayOest1= Data  
 DayOest= Data -15  
 Estado = 1  
 Risco de anestro prolongado

\* Esta seta significa retorno ao dispositivo de ordenha

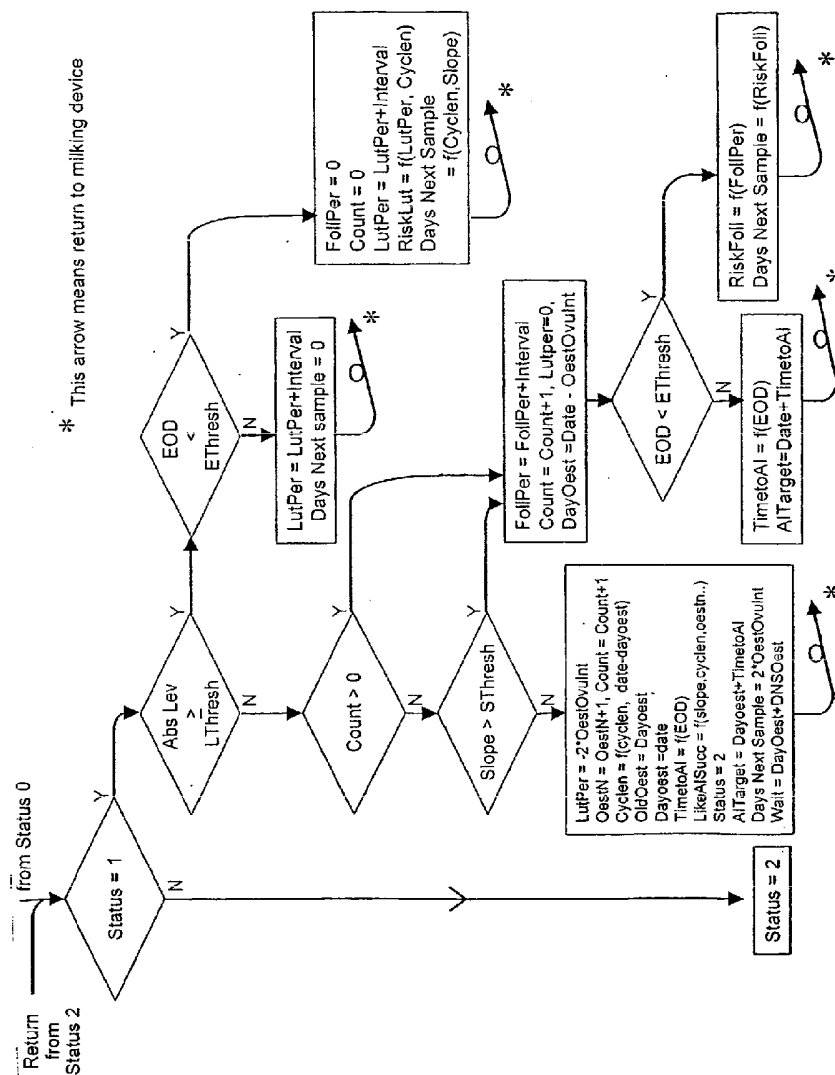


Fig. 7c

### Figura 7c

Retorno do Estado 2

do Estado 0

Estado = 1

\* Esta seta significa retorno ao dispositivo de ordenha

Contagem > 0

LutPer = LutPer + Intervalo

Dias até próxima amostra = 0

FolPer = 0

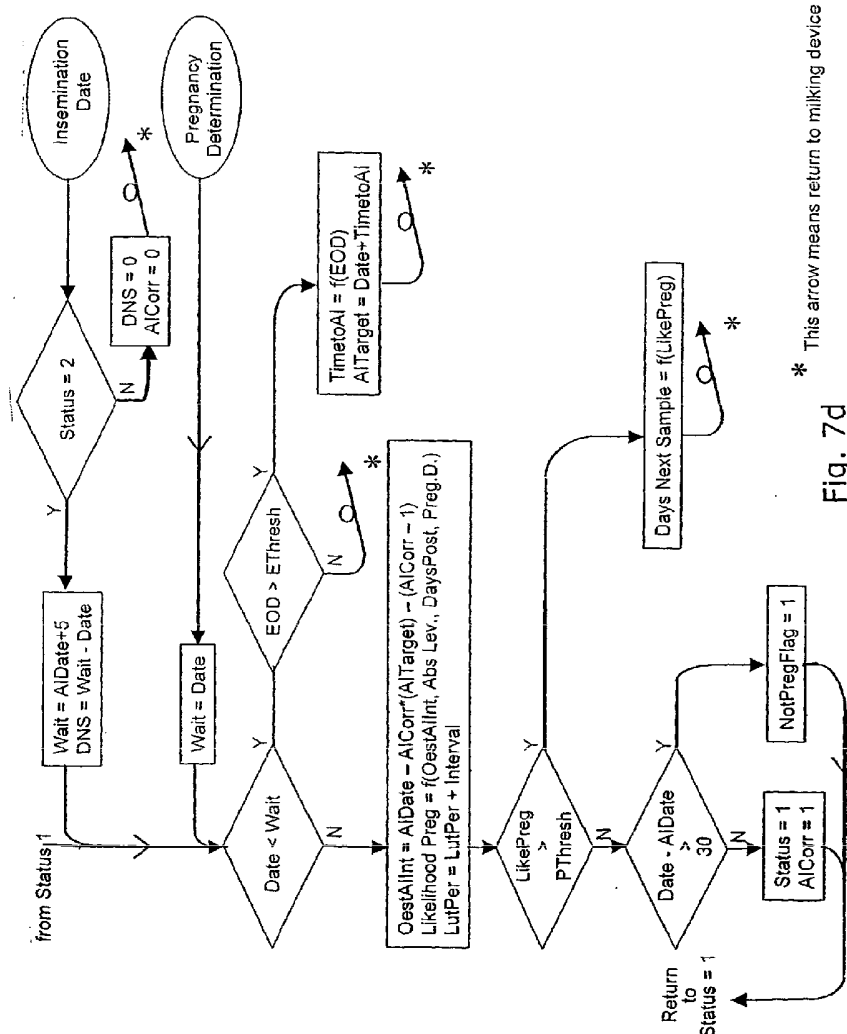
Contagem = 0

Dias até próxima amostra

= f (Cyclen, curva)

Curva > STresh

Estado = 2



\* This arrow means return to milking device

Fig. 7d

**Figura 7d**

do Estado 1

Estado = 2

Data de inseminação

Confirmação da gravidez

Wait = data

Data < Wait

Dias até à próxima amostra =  $f(\text{LikePreg})$

Regressar ao Estado = 1

Data - AIDate > 30

Estado = 1

\* Esta seta significa retorno ao dispositivo de ordenha

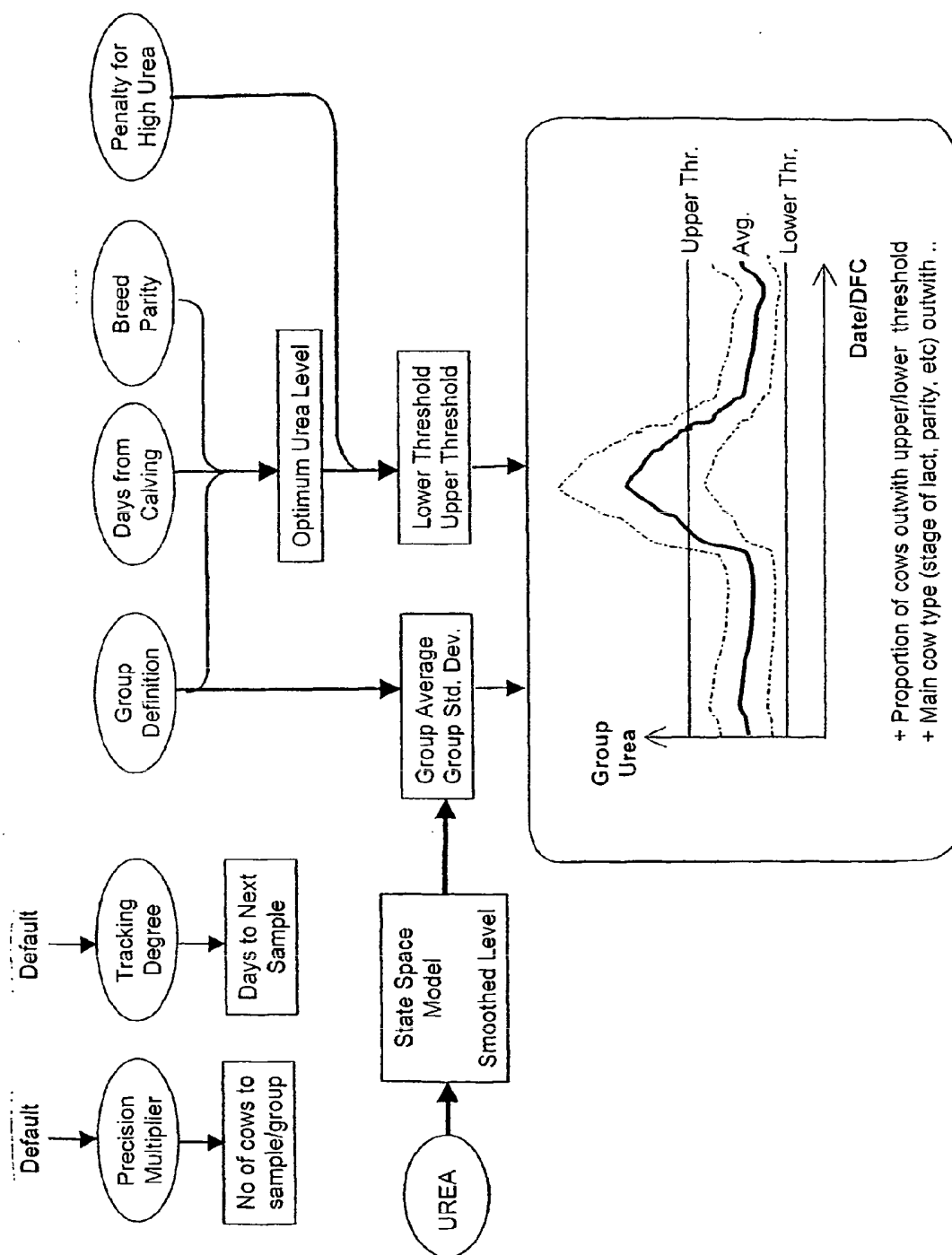


Fig. 8

### Figura 8

Predefinição

Multiplicador de precisão

N.º de vacas a amostrar/grupo

Grau de rastreabilidade

Dias até à próxima amostra

Definição de grupo

Dias desde o parto

Paridade da raça

Penalização por ureia elevada  
Nível ideal de ureia  
UREIA  
Modelo de Espaço de Estados  
Nível suavizado  
Média do grupo  
Desvio padrão do grupo  
Limiar inferior  
Limiar superior  
Data/DFC  
Grupo  
Ureia  
Limiar sup.  
Média  
Limiar inf.  
+ Proporção de vacas fora do intervalo entre limiares  
inf/sup  
+ Tipo principal de vaca (fase de lact., paridade, etc)  
fora...

**Figura 9**

Gordura no leite  
Modelo de Espaço de Estados  
Proteínas no leite  
Ureia  
Peso  
BOHB  
Rácio G:P no leite  
CS parto  
Dias desde o parto  
Paridade do genótipo  
Rácio G:P no leite ajustado para ureia  
Rácio G:P ideal no leite  
Estado energético  
Equilíbrio energético  
Grau de défice energético

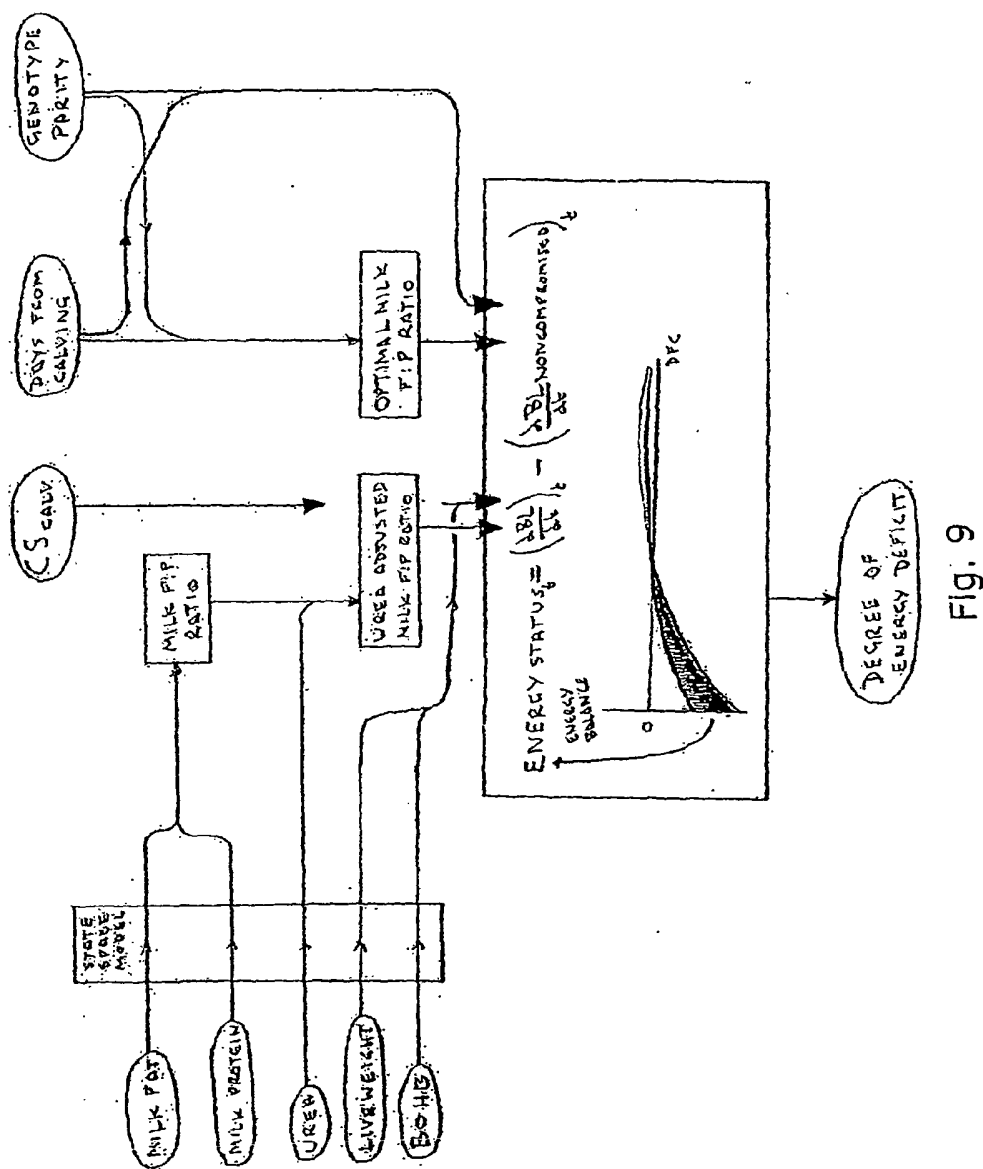


Fig. 9