

Rosa Cristina Gonçalves Barroso

Sistema de apoio à decisão
para o processo de escolha em
grandes populações



Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
Mestrado em Gestão de Informação
Abril de 2007

Rosa Cristina Gonçalves Barroso

Sistema de apoio à decisão para o processo de escolha em grandes populações



Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de mestre em Gestão de Informação

Dissertação realizada sob a orientação do Professor Doutor Eurico Carrapatoso do Departamento de Engenharia Electrotécnica e de Computadores e do Professor Doutor Júlio Carvalheira do Instituto de Ciências Biomédicas Abel Salazar do Departamento de Estudos de Populações

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
Mestrado em Gestão de Informação
Abril de 2007

Para os meus pais e para o Filipe.

Agradecimentos

A realização desta tese só foi possível com a colaboração de várias pessoas às quais quero aqui expressar o meu agradecimento:

Aos meus orientadores Professor Doutor Eurico Carrapatoso e Professor Doutor Júlio Carvalheira, por me terem acompanhado e ajudado na realização deste trabalho, por todo o apoio, sugestões e pelos valiosos ensinamentos.

Aos meus colegas de trabalho Filipe Santos, Adriana Pereira e Joana Vasconcelos, pelo apoio e ajuda imprescindível que me foram dando ao longo deste tempo e por me proporcionarem um bom ambiente de trabalho.

À Sónia, Joana, Jorge e João um agradecimento muito especial pela amizade e apoio demonstrados, e por me terem ajudado sempre que foi necessário.

Ao Filipe e aos meus pais pela paciência e confiança que depositaram em mim e pelo seu apoio.

Por último, mas não menos importantes, agradeço a todos aqueles que experimentaram o Site e deram sugestões para o melhorar.

Obrigado!

Resumo

Nas actuais condições de desenvolvimento económico e tecnológico, é imprescindível que as organizações saibam dotar-se dos recursos técnicos e humanos capazes de assegurar o reforço da sua competitividade, num contexto cada vez mais exigente, onde a qualidade, a diferenciação e a rapidez de decisão e execução constituem factores decisivos de sucesso.

Perante um quadro como o que acabámos de descrever, não é de todo surpreendente que os Sistemas de Informação tenham vindo a adquirir uma importância cada vez maior no funcionamento das empresas. Ao permitirem reunir, guardar, processar e facultar a informação necessária ao desenvolvimento da actividade, os Sistemas de Informação aumentam a eficiência das organizações, gerando benefícios para todos os que com elas interagem, desde os gestores aos clientes passando pelos funcionários. Porque assim é, dificilmente uma empresa que pretenda ser competitiva pode hoje dispensar a incorporação no seu seio de Sistemas de Informação e o recurso a pessoal especializado no seu manuseamento e gestão.

O presente trabalho intitulado "Sistema de apoio à decisão para o processo de escolha em grandes populações", foi desenvolvido com o objectivo de aferir as virtualidades de um sistema de informação baseado na *Web* vocacionado para a optimização da escolha de reprodutores, com manutenção da diversidade genética e maximização do progresso genético. O *Site Web* desenvolvido permite calcular os coeficientes de endogamia dos animais catalogados na base de dados e assim emparelhar fêmeas com machos disponíveis para inseminação, prevendo os valores genéticos de possíveis descendentes. Através deste instrumento, o processo de escolha do animal é optimizado, já que a decisão final recai sobre os animais que minimizam o coeficiente de endogamia, maximizam o valor genético na descendência e têm o menor custo associado.

O sistema desenvolvido seguiu todas as regras de planeamento e construção de aplicações *Web* e consolida a informação existente nas Associações responsáveis pelo gado bovino leiteiro de raça Frísia. Para realizar o trabalho foi necessário perceber a importância do conceito de endogamia e suas consequências, conhecer arquitecturas e ferramentas disponíveis para o correcto desenvolvimento de aplicações *Web* e, simultaneamente, foi fundamental dominar conteúdos relacionados com a usabilidade.

Abstract

Nowadays, the survival of organizations depends on their investment in highly qualified human resources, research and cutting edge technologies. With the appropriate effort in those items a company can hope to stay competitive in its field.

In the context described above, information management is an important topic for every organization trying to stay in business. Having an automatic way to store, organize and process data directly affects performance of the organization and of its employees. Therefore, computer based Information Systems play a key role in every modern organization.

Our work, titled "A Decision Support System for the Selecting Process in Large Populations" was developed with the aim of improving the process of mating of dairy herds, maintaining the genetic diversity and maximizing the genetic progress based on Web technologies. In summary, this work consists of a web-based information system that combines and processes different data available in associations of milk producing Holstein herds.

The website we developed enables the computation of the endogamy coefficient and therefore, to match cows with bulls available for insemination, predicting the genetic value given to their calves. This tool optimizes the process of selecting the animals by choosing between the ones which minimize the endogamy coefficient, maximize the genetic value for successors and minimize cost.

The Information System we developed follows all the usual rules for planning and building Web-based applications. The system gathers all the data from the several associations responsible for Holstein herds milk production. Moreover, to achieve our goal, we studied several important concepts such as endogamy and its consequences, architectures and tools for web development and studied usability and accessibility of the website in order to improve it.

Conteúdo

1	Introdução	17
2	Endogamia	23
2.1	Definição e consequências	23
2.2	Método tabular	26
2.3	Algoritmos baseados no método tabular	30
2.4	Sistemas computarizados de cálculo de endogamia existentes	33
3	Especificação do sistema	35
3.1	Projecto de <i>interface</i>	35
3.2	Acessibilidade	38
3.3	Planeamento e descrição do <i>Site</i>	40
4	Implementação do sistema	53
4.1	Arquitectura do sistema	53
4.1.1	Interface	57
4.1.2	Servidor	58
4.1.3	Base de dados	60
4.2	Sistema de apoio à decisão	65
4.3	Algoritmo para o cálculo do coeficiente de endogamia	69
4.4	Usabilidade e teste de avaliação	71
5	Conclusão	79

Referências	83
A Função de construção de árvore dos animais	87
B Função de cálculo do coeficiente de endogamia	89
C Processo implementado para o cálculo da endogamia	93
D Formulário de avaliação da usabilidade	97

Lista de Tabelas

2.1	Relações de parentesco e respectivos coeficientes.	25
3.1	Resoluções de ecrãs de computadores e respectiva percentagem de utilização.	41
4.1	Animais disponíveis para inseminação artificial.	66
4.2	Valores dos critérios dos animais normalizados.	68
4.3	Resultados obtidos da aplicação da função valor.	68

Lista de Figuras

2.1	População exemplificativa	27
3.1	Página de descendência	36
3.2	Estrutura linear	44
3.3	Estrutura em estrela	44
3.4	Estrutura em árvore	45
3.5	Estrutura em rede	45
3.6	Estrutura híbrida	45
3.7	Estrutura página inicial	46
3.8	Estrutura página animal e endogamia	46
3.9	Página de cálculo do coeficiente de endogamia para utilizadores sem autenticação.	48
3.10	Página de selecção de um fêmea e vários machos.	49
3.11	Página de resultado cálculo normal.	49
3.12	Página de dados da exploração.	50
3.13	Página de dados das fêmeas.	50
3.14	Página de descendência	51
4.1	Esquema da rede <i>peer-to-peer</i>	54
4.2	Esquema da rede cliente-servidor	54
4.3	Esquema da arquitectura do sistema	56
4.4	Modelo relacional	62
4.5	Consola de administração do MySql	63
4.6	Esquema da tabela animal	63

4.7	Esquema da tabela endogamia	64
4.8	Esquema da tabela exploração	64
4.9	Esquema da tabela valor genético.	64
4.10	Esquema da tabela preço semen.	65
4.11	Página que permite definir as restrições.	66
4.12	Ficheiro gene.txt.	69
4.13	Ficheiro genenumerico.txt.	70
4.14	Ficheiro genefx.txt.	70
4.15	Gráfico relativo à questão: Há quanto tempo utiliza a Internet?	74
4.16	Gráfico relativo à questão: Com que frequência utiliza a Internet? . . .	74
4.17	Gráfico relativo à questão: Em que local mais utiliza a Internet?	74
4.18	Gráfico relativo à questão: Tem conhecimento de algum(s) programa(s) deste género?	75
4.19	Gráfico relativo à questão: Quais os seus conhecimentos sobre en- dogamia e suas consequências?	75
4.20	Gráfico da questão: Como classifica o <i>Site</i> em relação às seguintes características?	76
4.21	Gráfico da questão: Qual a avaliação geral que faz deste <i>Site</i> ?	77

Capítulo 1

Introdução

O trabalho realizado pretendia estabelecer uma ponte entre três áreas de conhecimento do nosso quotidiano: a Gestão de Informação, o Melhoramento Genético Animal e as Tecnologias Multimédia.

A gestão de informação, tal como Wilson [1] refere, "é entendida como a gestão eficaz de todos os recursos de informação relevantes para a organização, tanto de recursos gerados internamente como os produzidos externamente e fazendo apelo, sempre que necessário, às tecnologias de informação". Trata-se de um processo completo de busca, identificação, classificação, armazenamento e processamento de informação que tem como grande objectivo fazer-lhe chegar às pessoas que necessitam dela para tomar decisões no momento certo.

Sendo a principal preocupação das empresas a produtividade, a técnica do melhoramento genético animal é fulcral, uma vez que permite a selecção dos melhores indivíduos de agora como reprodutores da próxima geração. De uma boa escolha depende o futuro da exploração e a sua rentabilidade económica [2].

As tecnologias multimédia recorrem à informática de forma a tornar possível processar e combinar texto, imagem, áudio e vídeo. A eficácia da combinação destas formas de apresentação da informação está estritamente relacionada com as potencialidades das tecnologias usadas e com o planeamento antes de concepção e da produção da aplicação final [3].

Na actualidade, a informação constitui uma dimensão fundamental para qualquer empresa. As rápidas transformações a que assistimos nas sociedades contemporâneas exigem a tomada permanente de decisões e obrigam qualquer empresário ou gestor a estar atento às novidades que o rodeiam. Dada a enorme concorrência e complexidade existente em cada nicho de mercado empresarial, as empresas sentem necessidade de obter mais e melhores recursos. Podemos, assim, dizer que a informação é o elemento essencial e indispensável para a existência e o crescimento de qualquer empresa. Se

é verdade que a informação é crucial para a cultura organizacional de uma empresa, não é menos verdade que saber usar essa mesma informação de forma eficiente é uma tarefa exigente e também ela basilar.

Qualquer empresa é, nos nossos dias, "conduzida" por um ou mais sistemas de informação, sistemas que reúnem, guardam, processam e facultam a informação relevante e necessária para o bom funcionamento de qualquer organização empresarial e para as pessoas que nela trabalham, desde gestores a funcionários e clientes.

Desde Fevereiro de 2004 que desenvolvemos projectos em estreita articulação com o Centro de Investigação e Biodiversidade de Recursos Genéticos da Universidade do Porto. No âmbito desta parceria, temos desenvolvido várias aplicações informáticas para a manipulação da base de dados nacional de gado bovino leiteiro de raça Frísia.

Ao longo dos últimos anos, os animais de raça Frísia têm sido alvo de grande atenção, dada a sua importância na produção de leite e dos seus derivados, bem como o seu grande valor para as estruturas económicas das sociedades actuais. Como é do conhecimento geral, os nutrientes presentes no leite e nos seus derivados colaboram para um desenvolvimento saudável e diminuem o risco de doenças humanas. De acordo com o apresentado em [4], as investigações que atribuíram às vitaminas um papel central no desenvolvimento saudável dos seres humanos tornaram o leite no alimento "perfeito" para todas as idades. Antes do simples gesto de abrir um pacote de leite, como quase todos os dias fazemos em nossas casas, há um processo exaustivo que tem de ser cumprido. Para produzir leite com níveis elevados de qualidade, é importante estar atento a aspectos cruciais, tais como: a higiene e sanidade do animal, das instalações e de todo o sistema de ordenha; e os utensílios usados na ordenha que deverão ser devidamente desinfectados. Só desta forma serão extintos os riscos de contaminação que tantas vezes surgem durante uma ordenha e que atingem de forma directa, e às vezes brutal, o ser humano.

Salientemos ainda o crescimento económico que a comercialização do leite tem proporcionado às estruturas nacionais do sector leiteiro, sendo que, actualmente, esta é uma das fontes de rendimento, muitas vezes a única, para milhares de pessoas. Neste sentido, torna-se imperativo otimizar o processo de aquisição de novos animais, não só no que se refere à sua compra, mas também à escolha e selecção daqueles que contribuirão decisivamente para o aumento da qualidade das gerações seguintes.

É precisamente este o objectivo central do trabalho que aqui apresentamos: criar um sistema que permita aos criadores e/ou técnicos de melhoramento animal encontrar o animal que reúne as condições óptimas para o aumento da qualidade, tanto ao nível da produção como da reprodução da geração seguinte. O conhecimento de determinadas características como o coeficiente de endogamia dos animais, calculado a partir do grau de parentesco entre indivíduos com ascendentes comuns e do valor genético (medida

do desempenho esperado de um animal relativamente à média da população) para a produção do leite e componentes (gordura e proteína) é, portanto, basilar para a consecução deste projecto.

Pretendia-se, assim, aumentar a produtividade das vacas leiteiras de forma a que, simultaneamente, se produza leite cujas vitaminas e proteínas apresentem um elevado valor biológico [5]. É imperioso que os criadores da raça Frísia estejam munidos de sistemas/programas que contribuam para a melhoria dos valores genéticos dos animais. Cada litro de leite produzido é sempre importante para os criadores. Segundo vários estudos efectuados, e citando [6], por cada 1% do aumento do coeficiente de endogamia existe uma diminuição de $-6,6 \pm 1,5$ Kg de leite por lactação (considerando uma lactação completa o período em que a vaca produz leite durante 305 dias após parto). A média do coeficiente de endogamia é de 1,8% por animal, logo verificamos que, em média, são perdidos cerca de 12 Kg de leite em cada lactação, por animal. Numa primeira análise, este efeito parece não provocar reduções importantes relativamente à produção de leite. Contudo, é imprescindível considerar que os efeitos negativos do aumento do coeficiente de endogamia são globais e cumulativos, pelo que este aumento deve ser evitado a todo o custo.

Neste sentido, é urgente a criação de programas informáticos de emparelhamento, como é o caso do projecto que desenvolvemos, que identifiquem os touros disponíveis de modo a prever os níveis de endogamia da descendência futura. A base de dados nacional de gado bovino leiteiro contém até ao momento cerca de 1.300.000 registos de animais pertencentes a quatro estruturas: Associação Para o Apoio à Bovinicultura Leiteira do Norte; Associação Portuguesa de Criadores de Raça Frísia; Estação de Apoio à Bovinicultura Leiteira e Associação Técnica de Apoio à Bovinicultura Leiteira do Sul. Estando todas estas explorações munidas de várias aplicações que permitem gerir e fazer determinadas avaliações e estatísticas dos animais, detectámos a ausência de um programa capaz de promover a melhoria das características médias da população.

Surgiu, então, a ideia de desenvolver um sistema informático que visasse melhorar o serviço prestado aos clientes e aumentar, assim, a variedade e qualidade dos produtos oferecidos. Se os criadores souberem à partida os níveis de endogamia e o valor genético esperados de descendências futuras, será possível maximizar o progresso genético e manter a diversidade genética, identificando os touros disponíveis para inseminação artificial que tenham o menor relacionamento possível com as vacas ou novilhas a serem inseminadas.

Como objectivos, pretendíamos, com esta dissertação, perceber se a utilização de um sistema de informação multimédia baseado na *Web*, desenhado com base nos critérios definidos pelos diferentes utilizadores, permitia optimizar a escolha de reprodutores, de modo a manter a diversidade genética e ao mesmo tempo maximizar o progresso genético; e validar as opções tomadas no desenvolvimento do sistema de informação

junto dos potenciais utilizadores.

Para alcançar os objectivos impostos para este trabalho foi necessário estudar como calcular os coeficientes de endogamia dos animais existentes na base de dados, bem como prever os coeficientes de endogamia de possíveis descendentes de modo a poder minimizá-los.

Pretendia-se ainda otimizar a escolha dos melhores reprodutores machos para uma dada população de fêmeas. A escolha final iria recair sobre aqueles que minimizassem o coeficiente de endogamia, maximizassem o valor genético na descendência e tivessem um menor custo associado. Neste projecto, aspirávamos a desenvolver um sistema de apoio à decisão, mais concretamente um sistema que apoiasse a decisão táctica e estratégica, que recolhesse dados históricos de múltiplas fontes e os canalizasse para uma base de dados, suportando interrogações e análises de dados complexos.

O sistema *Web* deveria permitir:

- Calcular os coeficientes de endogamia dos animais existentes na base de dados;
- Acasalar possíveis machos com fêmeas, calculando os coeficientes de endogamia e do valor genético dos possíveis descendentes;
- Permitir aos criadores aceder aos dados da sua exploração e dos seus animais de forma dinâmica a qualquer hora do dia.

Esta dissertação é composta por cinco capítulos. No capítulo 1, expusemos sumariamente o enquadramento geral e a motivação para o desenvolvimento do tema escolhido, bem como os objectivos pretendidos e a respectiva estrutura da dissertação.

No capítulo 2, é abordado o tema principal da tese "Endogamia" no qual explicamos as desvantagens de usar acasalamentos endogâmicos, tanto no que se refere às características do animal como aos aspectos económicos. Explicamos também um método, considerado o mais prático para grandes populações, denominado Método Tabular que é fortemente relevante para o cálculo do coeficiente de endogamia. Por fim, fazemos uma breve descrição dos programas que encontramos após uma pesquisa exaustiva e que se relacionam com o projecto desenvolvido.

No capítulo 3, denominado "Especificação do sistema", apresentamos algumas regras que devem ser consideradas quando se constrói um *Site Web*, e posteriormente, fazemos uma descrição das funcionalidades de algumas páginas desenvolvidas.

Posteriormente, no capítulo 4, "Implementação do sistema", damos visibilidade às ferramentas existentes actualmente e explicamos as ferramentas usadas. Expomos o processo seguido na implementação do sistema de apoio à decisão desenvolvido para a escolha do melhor reprodutor, num conjunto de vários machos disponíveis para

inseminação, para um conjunto de fêmeas. Procedemos, ainda, a breves explicações sobre o algoritmo desenvolvido para o cálculo rápido do coeficiente de endogamia em grandes populações. Finalmente, analisamos o *Site Web* desenvolvido com base num teste de usabilidade, que permitiu validar o trabalho desenvolvido e também identificar as necessidades do público-alvo, no sentido de melhorar o presente trabalho.

O capítulo 5, intitulado "Conclusão", apresenta uma síntese sobre o trabalho realizado e aponta potenciais melhoramentos a introduzir futuramente de modo a aumentar as suas potencialidades e, assim, beneficiar os seus utilizadores.

Capítulo 2

Endogamia

Neste capítulo faremos uma explicação da endogamia, definindo e avaliando todas as suas consequências. Faremos também uma breve explicação de um método usado pelos criadores para calcular o coeficiente de endogamia nas populações. Por fim descreveremos os programas encontrados após uma pesquisa exaustiva relacionados com o trabalho desenvolvido, de forma a perceber onde este trabalho se enquadra.

2.1 Definição e consequências

O ficheiro que dá nota dos animais pertencentes ao ficheiro "*Pedigree* nacional de bovinos de raça Frísia" e, na presente data - Março 2007 -, conta com um número total de cerca de 1.300.000 registos. Apesar de nos confrontarmos com uma população bastante numerosa, é de realçar que o Número Efectivo de Fundadores (NeF), para além de ser reduzido, revela uma tendência evidente de diminuição de geração para geração [6].

O NeF representa a quantidade de animais que produziriam a mesma variabilidade genética encontrada na população [7]. O decréscimo observado está intimamente ligado à utilização intensa e prolongada de uma pequena quantidade de reprodutores a que recorrem os criadores de animais, com o objectivo de assegurar a uniformidade racial e a fixação de certas características em linhagens que têm maior aceitação comercial [8]. Esta utilização é efectuada mediante o recurso às diferentes biotecnologias, tais como Inseminação Artificial, Transferência Embrionária e Fertilização in Vitro.

Uma utilização com as características acima descritas, ou seja, uma utilização intensiva de determinados reprodutores numa população específica, tem como consequência o aumento das relações de parentesco entre si e, simultaneamente, da endogamia. Entendemos por endogamia o resultado de acasalar, intencionalmente ou não, animais

aparentados, isto é, animais que têm entre si ascendentes comuns [9].

Apesar de podermos obter alguns resultados positivos através da reprodução endogâmica, nomeadamente no que se refere à fixação de características potenciadoras de uma maior aceitação comercial, de acordo com os estudos efectuados por Borges et al. [10], as consequências decorrentes deste tipo de prática podem ser categorizadas do seguinte modo:

- a) aumento da frequência de genes deletérios (deletérios são genes que destroem, são nocivos à saúde do animal);
- b) depressão endogâmica (características indesejáveis que surgem no animal quando surge endogamia: quanto maior o coeficiente de endogamia maior a depressão endogâmica);
- c) diminuição da variabilidade genética.

Os genes de qualquer animal são recebidos por descendência: 50% dos genes do pai (espermatozóide) e 50% dos genes da mãe (óvulo). Quanto mais aparentados forem os pais de um animal, maior é a probabilidade de este receber genes idênticos por descendência.

A endogamia conduz ao aumento de pares de genes em homozigose (dois alelos iguais na sequência de DNA) sendo que muitas anomalias congénitas dos animais se manifestam quando ocorre a homozigose.

Deparamo-nos, então, com a diminuição da heterose (dois alelos diferentes na sequência do DNA) e, conseqüentemente com o aumento da frequência de genes deletérios que provocam alterações na média do mérito individual [11], medida pelo coeficiente de endogamia.

O coeficiente de endogamia de um indivíduo é obtido calculando a metade do grau de parentesco do seu pai e da sua mãe, que é medido pelos ancestrais comuns que possuem [12]. Quanto menor for o tamanho de uma população, maior será o número de ascendentes comuns e maior será o coeficiente de endogamia.

Sabendo que cada animal recebe 50% dos genes de cada um dos seus pais, e cada um deles recebe 50% de cada um dos seus pais, isto equivale a que cada animal receba 25% dos genes de cada um dos seus avôs/avós, e assim sucessivamente, verificamos na tabela 4.1 alguns possíveis acasalamentos dentro de uma população e os respectivos coeficientes de endogamia.

A partir da análise da tabela, é possível concluir que, quanto mais próximos são os indivíduos, maior será o coeficiente de endogamia, reduzindo a heterozigose e aumentando a frequência de genes deletérios recessivos que são os que normalmente manifestam as anomalias.

Tabela 2.1: Relações de parentesco e respectivos coeficientes.

Relação de Parentesco	Coeficiente
Mãe e filho	25%
Irmãos	25%
Meios irmãos	12,5%
Touro e neta	12,5%
Filho e neta do mesmo touro	6,25%

Segundo William Koury Filho [12] as anomalias genéticas que ocorrem nos bovinos são:

- acondroplasia, normalmente gera uma má formação fetal e consequente aborto;
- agnatia - a mandíbula inferior é mais curta do que a superior;
- amputação - os animais afectados possuem dois ou mais membros defeituosos;
- cabeça buldogue ou prognatismo;
- hérnia cerebral - causa uma abertura no crânio;
- espasmos letais congénitos;
- catarata congénita;
- membros curvos;
- epilepsia;
- lábio leporino;
- alopecia - ausência total ou parcial dos pêlos;
- espinha curta;
- hérnia umbilical;
- cauda torcida.

Deve-se evitar o aumento intencional da endogamia, para assim reduzir os efeitos negativos no animal. Com uso de programas de emparelhamento, apesar de não se conseguir evitar totalmente o acasalamento entre animais relacionados sem afectar

o valor genético dos descendentes, pode-se minimizar o aumento do coeficiente de endogamia.

A depressão endogâmica é outra das consequências da endogamia. Uma depressão deste tipo conduz à redução da taxa de mortalidade em bezerros, influenciando negativamente a habilidade reprodutiva das novilhas e vacas [13].

Vários estudos e publicações de diferentes autores analisaram esta problemática nas vacas de raça Frísia. Em [14], [15] e [16] foram apresentadas reduções entre os 18,7 Kg e 35 Kg para o leite por lactação (tempo que se segue a um parto, aproximadamente 305 dias), e uma perda para os dois componentes do leite, entre 0,66 Kg e 1,08 Kg para a gordura, e 0,59 Kg e 0,97 Kg para a proteína por cada 1% de aumento do coeficiente de endogamia.

Finalmente, uma outra consequência da endogamia traduz-se na diminuição da variabilidade genética com repercussões ao nível reprodutivo e produtivo, especialmente no que diz respeito ao número de anos de vida produtiva do animal [6]. Quanto maior a variabilidade genética, maior a facilidade de adaptação a algumas adversidades do meio ambiente. Neste sentido, a diminuição da variabilidade genética provocada pela endogamia apresenta como consequência fundamental a fragilidade e vulnerabilidade dos animais a ela sujeitos.

A endogamia diminui, portanto, a sobrevivência, a produção de leite, o desempenho reprodutivo e pode também ser responsável pelo aumento do número de células somáticas no leite (as células somáticas são um sinal que algo corre mal com o animal: quanto maior o número de células somáticas encontradas no leite, maior a probabilidade de o animal ter infecções) [15].

Através da análise das linhas anteriores, é possível constatar que apesar de apresentar algumas vantagens, a endogamia não se traduz, antes pelo contrário, em benefícios para os animais e para os produtores e consumidores, pelo que deve ser evitada. O uso de programas informáticos destinados a ajudar a minimizar o coeficiente de endogamia tornou-se pois, nos dias que correm, uma necessidade para todos os criadores [17].

Numa população fechada, um programa de acasalamentos eficiente é um factor determinante para a diminuição de animais endogâmicos e do coeficiente de endogamia.

2.2 Método tabular

Como tivemos oportunidade de ver, é importante calcular e conhecer o coeficiente de endogamia, para, minimizar a endogamia entre os touros e as vacas da população. Os dois métodos que existem são o método tabular e o método das setas.

Neste capítulo, faremos uma breve descrição do método tabular, uma vez que se trata do método mais facilmente aplicável em populações grandes e complexas, e porque se trata do método semelhante ao algoritmo de Meuwissen e Lou, usado na implementação do *Site*. Partindo do exemplo da população apresentada na figura 2.1, vamos calcular, usando as regras do método tabular e para cada indivíduo, a relação de parentesco com os outros indivíduos e o coeficiente de endogamia [18].

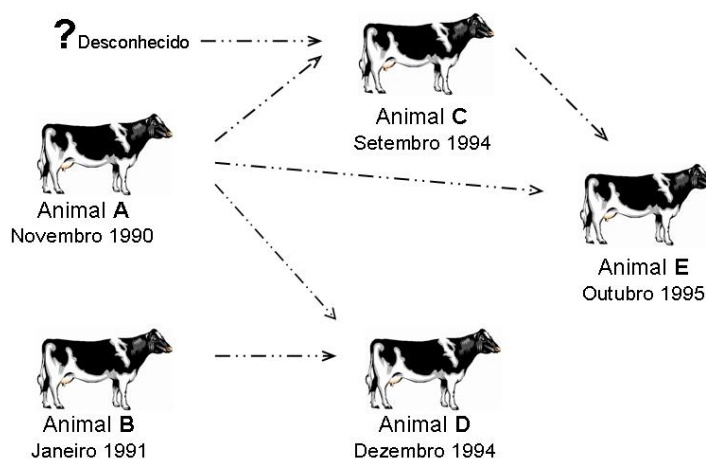


Figura 2.1: População exemplificativa

Regra 1: Ordenar pela data de nascimento todos os indivíduos, do mais velho para o mais novo, de tal forma que os pais têm de surgir sempre antes dos filhos. Para esta população a ordem dos animais será: A, B, C, D e E.

Regra 2: Escrever o nome ou o número dos animais pela ordem acima mencionada ao longo da primeira linha da tabela, para identificar as colunas, e ao longo da coluna da esquerda, para identificar as linhas. Obtemos tantas linhas e colunas quanto o número de animais existentes na população.

	A	B	C	D	E
A					
B					
C					
D					
E					

Regra 3: Escrever por cima de cada animal o nome ou número dos respectivos pais. Se um dos pais for desconhecido colocar um -.

	- - A	- - B	A - C	A B D	A C E
A					
B					
C					
D					
E					

Regra 4: Colocar o valor 1 em cada célula diagonal da tabela (coluna 1 - linha 1, coluna 2 - linha 2, etc). O 1 representa o grau de parentesco que o animal tem consigo próprio. Sendo $a_{()}$ a função que representa o grau de relacionamento, $a_{(A,A)}$ representa o grau de relacionamento que o animal tem consigo próprio. Este valor será alterado caso o animal seja endogâmico, uma vez que lhe será somado o valor de F (coeficiente de endogamia) como veremos na regra n.º 6. Nos animais da população base há dois aspectos a considerar: se os valores de F do animal forem conhecidos soma-se ao valor 1 e se os pais forem desconhecidos soma-se 0. Por exemplo, para o animal A definimos o valor 1 e, uma vez que os pais não são conhecidos, soma-se 0: $a_{(A,A)}=1+0=1$.

	- - A	- - B	A - C	A B D	A C E
A	1				
B		1			
C			1		
D				1	
E					1

Regra 5: Calcular os valores para as restantes células da linha 1 seguindo a regra de que um determinado animal (X) será igual ao valor da soma de metade do pai e da mãe que aparecem na mesma linha nas colunas anteriores, segundo a fórmula:

$$a_{(X,Y)} = 1/2(a_{(X,pai de Y)} + a_{(X,mãe de Y)}).$$

Para o caso do animal D, teremos : $a_{(A,D)} = 1/2(a_{(A,A)} + a_{(A,B)}) = 1/2(1+0) = 1/2$.

Outra fórmula fundamental para este método de cálculo é: $a_{(X,Y)} = a_{(Y,X)}$ ou seja, assim que a primeira linha estiver preenchida, os valores serão copiados para a 1.ª coluna.

	-- A	-- B	A - C	A B D	A C E
A	$1+1/2(0)=1$	0	$1/2(1+0)=1/2$	$1/2(1+0)=1/2$	$1/2(1+1/2)=3/4$
B	0	1			
C	$1/2$		1		
D	$1/2$			1	
E	$3/4$				1

Regra 6: Para a segunda e restantes linhas os valores são calculados a partir da célula da diagonal. Ao valor 1 de um animal X soma-se o valor de $F_{(X)}$ que é encontrado pela seguinte fórmula: $F_{(X)} = 1/2(a_{(paideX, mãedeX)})$.

No caso do animal B, uma vez que os pais são desconhecidos $F_{(B)}=1/2(0)=0$.

	-- A	-- B	A - C	A B D	A C E
A	1	0	$1/2(1+0)=1/2$	$1/2(1+0)=1/2$	$1/2(1+1/2)=1/2$
B	0	$1+1/2(0)=1$	$1/2(0+0)=0$	$1/2(0+1)=1/2$	$1/2(0+0)=0$
C	$1/2$	0	1		
D	$1/2$	$1/2$		1	
E	$3/4$	0			1

Regra 7: Repetir as regras 5 e 6 até completar a tabela. Todas as linhas têm de ser preenchidas de forma ordenada e, sempre que completas, é necessário preencher as colunas correspondentes antes de passar para a linha seguinte. Para o animal C temos: $a_{(C,C)}=1+1/2a_{(A,-)}$;

como não são os conhecidos os dois pais assume-se 0 para $a_{(A,-)}$: $a_{(C,C)}=1+1/2(0)=1$.

	-- A	-- B	A - C	A B D	A C E
A	1	0	$1/2(1+0)=1/2$	$1/2(1+0)=1/2$	$1/2(1+1/2)=3/4$
B	0	$1+1/2(0)=1$	$1/2(0+0)=0$	$1/2(0+1)=1/2$	$1/2(0+0)=0$
C	$1/2$	0	$1+1/2(0)=1$	$1/2(1/2+0)=1/4$	$1/2(1/2+1)=3/4$
D	$1/2$	$1/2$	$1/4$	1	
E	$3/4$	0	$3/4$		1

Para a quarta linha que diz respeito ao animal D os resultados obtidos são:

$a_{(D,D)}=1+F_{(D)}=1+1/2a_{(A,B)}$, e $a_{(A,B)}=0$ então $a_{(D,D)}=1$.

	-- A	-- B	A - C	A B D	A C E
A	1	0	$1/2(1+0)=1/2$	$1/2(1+0)=1/2$	$1/2(1+1/2)=3/4$
B	0	$1+1/2(0)=1$	$1/2(0+0)=0$	$1/2(0+1)=1/2$	$1/2(0+0)=0$
C	$1/2$	0	$1+1/2(0)=1$	$1/2(1/2+0)=1/4$	$1/2(1/2+1)=3/4$
D	$1/2$	$1/2$	$1/2$	$1+1/2(0)=1$	$1/2(1/2+1/2)=3/8$
E	$3/4$	0	$3/4$	$3/8$	1

Para terminar a última linha temos: $a_{(E,E)}=1+F_{(E)}=1+1/2a_{(A,C)}=1+1/2(1/2)=5/4$;

	-- A	-- B	A - C	A B D	A C E
A	1	0	$1/2(1+0)=1/2$	$1/2(1+0)=1/2$	$1/2(1+1/2)=3/4$
B	0	$1+1/2(0)=1$	$1/2(0+0)=0$	$1/2(0+1)=1/2$	$1/2(0+0)=0$
C	$1/2$	0	$1+1/2(0)=1$	$1/2(1/2+0)=1/4$	$1/2(1/2+1)=3/4$
D	$1/2$	$1/2$	$1/2$	$1+1/2(0)=1$	$1/2(1/2+1/2)=3/8$
E	$3/4$	0	$3/4$	$3/8$	$1+1/2(1/2)=5/4$

Com a conclusão da tabela, obtemos então os graus de parentesco entre os indivíduos da população. O coeficiente de endogamia obtém-se usando a fórmula:

$$a_{(A,A)}=1+F_{(A)}.$$

Uma vez que $F_{(A)}=1-a_{(A,A)}$, os coeficientes de endogamia para os 5 animais são:

$$F_{(A)}=1-1=0$$

$$F_{(B)}=1-1=0$$

$$F_{(C)}=1-1=0$$

$$F_{(D)}=1-1=0$$

$$F_{(E)}=5/4-1=1/4.$$

O animal E tem, pois, uma endogamia de 25%.

2.3 Algoritmos baseados no método tabular

Até ao momento foram desenvolvidos vários algoritmos para apoiar as avaliações genéticas de gado bovino leiteiro. Em 1976, Henderson [19] e Quaas [20] apresentaram um método baseado no cálculo do inverso da matriz de relacionamento genético aditiva (**A**), que embora eficiente para pequenas populações, com grandes populações o tempo de computação e a memória requerida tornavam-se factores limitativos.

Em meados dos anos 90, Golden et al. [21] e Tier [22], baseando-se no método de Quaas desenvolveram um novo método usando a técnica de matriz esparsa. Este tipo de matriz aloca memória apenas para os elementos diferentes de zero, sendo que o relacionamento genético aditivo é igual a zero para todos os animais cujos pai e mãe são desconhecidos; como tal, e tendo em conta que o número de animais pertencentes à população base é sempre elevado, o tempo de execução para o cálculo dos coeficientes de endogamia diminui consideravelmente.

Mais tarde, Meuwissen e Lou [23] desenvolvem um método baseado no método tabular com o objectivo de cobrir as lacunas existentes nos métodos já existentes, mas mais rápido e de fácil execução, em que a memória requerida tem uma relação linear com o tamanho da população. Este método apresenta ainda como grande vantagem o facto de evitar o cálculo dos coeficientes de endogamia de todos os animais quando novos animais são adicionados ao *pedigree*, coisa que não acontecia nos métodos anteriores.

Segue-se uma breve descrição da metodologia desenvolvida por Meuwissen e Lou [23]. Este método é baseado na decomposição da matriz de relacionamento genético aditivo A e foi descrito por Henderson em 1976 [19]. Faz-se:

$$A = LDL', \text{ onde:}$$

L representa a matriz triangular inferior contendo a fracção de genes que o animal herda do seu antecessor; D corresponde à diagonal da matriz contendo as variâncias genéticas aditivas dos animais dentro da sua família; e L' representa a matriz transposta de L .

Os animais devem estar ordenados por data de nascimento de forma a que todos os pais apareçam antes dos filhos.

A seguinte fórmula é usada para o cálculo dos elementos da matriz A [20]:

$$A_{ii} = \sum_{j=1}^i L_{ij}^2 D_{jj},$$

sendo A_{ii} a diagonal dos elementos da matriz A , que é o valor igual ao coeficiente de endogamia mais 1.

Quaas[20] calcula os elementos de L coluna a coluna com o seguinte algoritmo:

$$\begin{aligned} \text{De } j &= 1 \text{ até } N && (\text{percorre todas as colunas de } L) \\ L_{ij} &= 1 \\ \text{De } i &= j + 1 \text{ até } N && (\text{todos os elementos da diagonal}) \\ L_{ij} &= (L_{p_i j} + L_{m_i j})/2 && (\text{quando ambos os pais } p_i \text{ e } m_i \text{ são conhecidos}) \\ \text{ou} &= L_{k_i j}/2 && (\text{quando só um dos pais é conhecido}) \\ \text{ou} &= 0 && (\text{quando ambos os pais são desconhecidos}) \end{aligned}$$

Já os elementos de D são calculados seguindo o algoritmo:

$$\begin{aligned}
D_{jj} &= 1 && \text{(quando ambos os pais são desconhecidos)} \\
&= 0,75 - F_{k_j}/4 && \text{(quando só um dos pais é conhecido)} \\
&= 0,5 - (F_{p_j} + F_{m_j})/4 && \text{(quando ambos os pais são conhecidos)}
\end{aligned}$$

onde F_j representa o coeficiente de endogamia do animal j .

Depois do cálculo de todas as colunas j de L , os valores são elevados ao quadrado e multiplicados por D_{jj} e o vector resultante é adicionado a um vector de trabalho. Quando este procedimento é seguido para todas as colunas de L o vector de trabalho contém todos os valores de A_{jj} . Este algoritmo requer $N(N+1)/2$ operações, sendo N o tamanho da população.

Como os elementos das colunas de L não são armazenados têm de ser calculados sempre que se introduz um animal novo na população. No presente algoritmo, os elementos são calculados linha a linha, o que resolve essa limitação.

Uma linha i de L é considerada a fracção de genes que o animal herda dos seus ascendentes. O animal recebe metade de cada ascendente, ou seja, $L_{ip_i} = L_{im_i} = 0,5$ onde p_i e m_i são o pai e a mãe do animal i , respectivamente. Partindo da última geração (geração mais recente) para a primeira, vai sendo construído um "vector" $ANC[i]$ que guarda todos os ascendentes de i , cuja contribuição de genes é tida em conta. Como tal, o cálculo de L é feito linha a linha seguindo o seguinte algoritmo: e à medida que cada linha é calculada as contribuições para os elementos A_{ii} são acumuladas. O cálculo é iniciado com atribuição do valor zero a todas as linhas i de L e A_{ii} , o algoritmo mantém uma lista em memória de todos os elementos que constituem o $ANC[i]$ cuja contribuição para A_{ii} ainda não foi incluída no cálculo. Se a mãe e o pai forem desconhecidos $p_i=0$ e $m_i=0$ respectivamente.

$$\begin{aligned}
F_0 &= -1 \\
\text{De } i &= 1 \text{ até } N \text{ (todas as linhas de } L) \\
&ANC[i] = i; L_{ii} = 1; D_{ii} = [1/2 - 1/4(F_{p_i} + F_{m_i})]; \\
&\text{Enquanto } ANC[i] \text{ não for vazio :} \\
&\quad j = \max(ANC[i]) \text{ (animal mais novo de } ANC[i]) \\
&\quad \text{if } p_j \neq 0 \text{ (pai conhecido) :} \\
&\quad\quad \text{adicionar } p_j \text{ a } ANC[i]; \text{ adicionar } 1/2L_{ij} \text{ a } L_{ip_j}; \\
&\quad \text{if } m_j \neq 0 \text{ (mãe conhecida) :} \\
&\quad\quad \text{adicionar } m_j \text{ a } ANC[i]; \text{ adicionar } 1/2L_{ij} \text{ a } L_{im_j}; \\
&\quad \text{adicionar } L_{ij}^2 D_{jj} \text{ a } A_{ii}; \\
&\quad \text{apagar } j \text{ de } ANC[i]; \\
&\text{terminar} \\
F_i &= A_{ii} - 1
\end{aligned}$$

Desta forma o animal j mais jovem que se encontra em $ANC[i]$ é avaliado porque toda a sua descendência *pedigree* no animal foi avaliada, portanto o valor L_{ij} já se encontra

calculado.

2.4 Sistemas computarizados de cálculo de endogamia existentes

Genericamente, podemos referir que todas as aplicações comerciais que aqui vão ser apresentadas têm como aspectos negativos o custo de utilização, a impossibilidade de alteração por parte de quem a compra e a impossibilidade de poderem ser experimentados por um período que realmente permita a avaliação das suas potencialidades.

FSpeed - Fast Calculation of Inbreeding

FSpeed [24] é um software de cálculo de endogamia para cães. Existem duas versões disponíveis: FSpeed e FSpeedPro. A primeira calcula para uma população de cinco mil indivíduos considerando apenas as 10 primeiras gerações anteriores. Em relação ao FSpeedPro calcula até 60 gerações anteriores e tem capacidade para uma população de três milhões de indivíduos.

Por exemplo para calcular o coeficiente de endogamia de 72.500 cães tendo em conta as suas 16 gerações anteriores o programa leva cerca de 3 minutos para terminar o cálculo.

FSpeed tem uma versão gratuita disponível para *download*, mas em relação ao Fspeed-Pro, que é uma versão mais completa e que satisfaz mais rapidamente os requisitos do utilizador, há um custo associado. Para além disso, é necessário que o utilizador tenha um computador com o sistema operativo do Windows 2000 ou superior instalado, seja um processador Pentium II ou superior e que tenha no mínimo 256MB de RAM.

CalcInbr

CalcInbr [25] é um *software* livre que calcula os coeficientes de endogamia de animais. É um programa escrito em linguagem C que se encontra disponível para *download*.

Trata-se de um programa que apenas corre em máquinas que tenham UNIX instalado, e o utilizador deverá estar apto a compilar e a correr o programa, através do compilador *gcc*. A entrada do programa será uma lista dos animais que tem de estar ordenada por data de nascimento de forma a que os pais apareçam sempre antes dos filhos.

Na nossa opinião trata-se de um programa pouco útil para os técnicos e principalmente para os criadores. Trata-se de um programa que necessita de alguma experiência da

parte do utilizador, e exige que se tenha instalado o UNIX.

Canadian Dairy NetWork

Canadian Dairy Network [26] é um *Site Web* do Canadá que fornece ao utilizador informação útil e valiosa para a evolução genética.

Aqui podem-se encontrar vários documentos e artigos relacionados com o gado bovino leiteiro. Encontra-se disponível uma página de cálculo de endogamia onde o utilizador pode escolher apenas um macho e uma fêmea e obter os resultados do possível descendente.

Selecting Mating Service

Outro produto não português, introduzido em 1973, denomina-se Selecting Mating Service [27]. Trata-se de um programa sem uma pré-rotina estabelecida satisfazendo as necessidades individuais de cada cliente. É um programa apenas disponível para os avaliadores, aos quais os criadores não têm acesso, onde registam toda a informação das vacas e dos touros, a partir daí gera acasalamientos com base nos objectivos que o criador pretenda atingir. É um programa um pouco mais direccionado para melhorar as características ligadas ao *fitness* (características que definem o animal como por exemplo pernas e pés, comprimento, largura do peito e mobilidade entre outros) dos animais. Escolher o melhor touro com as melhores características genéticas para melhorar a próxima geração.

Capítulo 3

Especificação do sistema

Considerando os objectivos a que nos propusemos inicialmente, pretendemos, neste capítulo, analisar as regras que devem ser tidas em conta quando implementamos um *Site Web* e abordar as funcionalidades oferecidas, descrevendo a organização de conteúdos de modo a que o utilizador aceda à informação de uma forma simples e intuitiva.

3.1 Projecto de *interface*

No contexto em que se enquadra o desenvolvimento da aplicação *Web* desenvolvida neste trabalho, que constitui uma ferramenta de trabalho para criadores e técnicos da área de melhoramento genético animal, torna-se imprescindível efectuar uma avaliação que permita verificar os aspectos gráficos, de acessibilidade e também aspectos que se referem à funcionalidade e ao conteúdo do *Site*. Garantir a qualidade de um *Site Web* implica obedecer a um determinado conjunto de regras referentes ao planeamento, organização, estruturação e navegação das páginas. Neste sentido, quando se inicia o processo de construção de páginas *Web* existe necessariamente uma fase prévia, o planeamento, que tem de ser efectuada de forma cuidada e rigorosa. Simultaneamente, existe um conjunto de questões que devem ser formuladas para melhor enquadrarmos o trabalho a realizar:

- Para quê?
- Para quem?
- O quê?
- Como?

Destas questões deduzimos as etapas a considerar na construção de um *Site Web* (figura 3.1) [28].

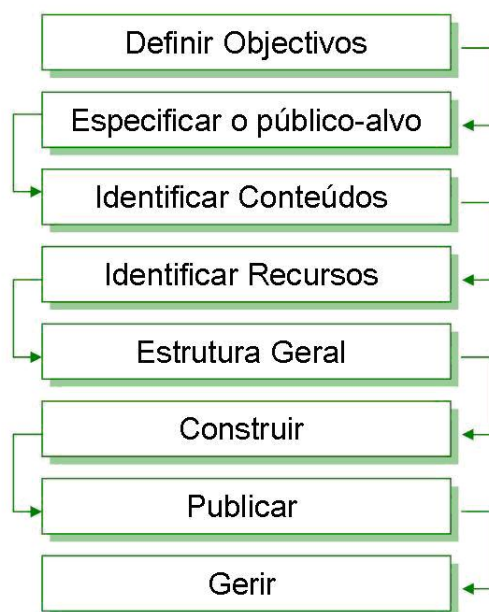


Figura 3.1: Página de descendência

1. Definir os objectivos: para que intuito ou propósito construímos determinado *Site*? Que objectivos pretendemos alcançar?
2. Especificar o público-alvo: para que tipo de utilizadores se cria um *Site*? Deverá ser acessível a qualquer grupo de pessoas ou só a determinados utilizadores?
3. Identificar os conteúdos a publicar: que assuntos devem estar expostos no *Site*?
4. Identificar os recursos: que tipo de recursos (a nível de software) necessito para a construção do *Site*, desde a criação da página, até ao tratamento de imagens, áudio e vídeo?
5. Estrutura geral: esta etapa é referente ao desenho de um esboço ou de um esquema das páginas que farão parte do *Site*.
6. Construir: criar as páginas de acordo com o que foi convencionado nos pontos anteriores.
7. Publicar: esta fase consiste na transferência das páginas que fazem parte do *Site* para um servidor *Web* ou para uma intranet local.
8. Gerir: consiste em efectuar as alterações que se afigurem necessárias para um eficaz funcionamento das páginas, actualizar os conteúdos, hiperligações, etc.

Quando se realiza um projecto de uma *interface*, para além das etapas atrás identificadas, devem considerar-se três princípios essenciais: reconhecer a diversidade, utilizar as oito regras de ouro do projecto de *interfaces* e prevenir os erros [29].

Reconhecer a Diversidade

Concretizar um projecto com certas dimensões implica definir a audiência à qual se vai dirigir, identificando, para tal, os perfis dos utilizadores através de aspectos como a idade, habilitações literárias e conhecimento, as actividades profissionais, entre outros. Conhecer a diversidade existente no que se refere aos potenciais utilizadores do nosso projecto é uma tarefa fundamental de forma construir páginas claras e acessíveis que permitam aos utilizadores efectuar o seu trabalho em tempo útil. Neste sentido podemos classificar os utilizadores de acordo com três categorias essenciais [29]:

- **Utilizador principiante:** é aquele que sabe pouco sobre as tarefas a efectuar e sobre os conceitos de *interface*. Minimizar o número de acções, usar termos familiares, caixas de diálogo e ajudas *on-line* são aspectos a considerar para que este tipo de utilizador possa levar a cabo tarefas simples com sucesso, aumentando, assim, a sua confiança no programa.
- **Utilizador ocasional:** é aquele que apresenta alguns conhecimentos sustentados no que se refere às tarefas a efectuar bem como dos conceitos da *interface*, demonstrando pequenas dificuldades em reter a estruturação dos menus. Esta dificuldade será ultrapassada através de uma organização ordenada dos menus, bem como da aparência da *interface* que contribui para aumentar o reconhecimento das acções a efectuar em determinado momento.
- **Utilizador frequente:** é o utilizador familiarizado com o conceito das tarefas e *interface*, que procura executar o seu trabalho com rapidez. Para este tipo de utilizador, o mais importante é a criação de comandos e atalhos que acelerem as suas acções.

Uma estrutura confusa pode provocar no utilizador a sensação de estar perdido, uma vez que encontrar a informação se torna numa tarefa árdua. Como consequência, o utilizador pode abandonar o uso da página. Ecrãs pouco organizados, confusos, com demasiada informação e sequências de acções pouco lógicas podem induzir algum stress e ansiedade nos utilizadores, provocando um mau desempenho, erros frequentes e insatisfação no trabalho que está a ser realizado.

Utilizar as oito regras de ouro de concepção de *interfaces*

1. Manter a consistência: de acções, cores, formatos, mensagens de ajuda. Para situações similares deve haver acções consistentes.

2. Criar atalhos de interacção rápida para utilizadores frequentes: comandos e combinações de teclas de atalho são recursos importantes.
3. Manter retorno informativo: fornecer informação de resposta ao utilizador. A qualquer acção efectuada pelo operador deve corresponder uma resposta do sistema.
4. Promover a modularidade: criar interacções modularmente com princípio, meio e fim.
5. Apoiar a eliminação de erros: criar mecanismos que evitem os erros, como por exemplo, seleccionar menus em vez de entrada em campos de texto livre. O sistema deve também permitir alterar o conteúdo mal introduzido e sugerir hipóteses correctas de alteração.
6. Permitir desfazer acções: permitir ao utilizador, anular com facilidade uma interacção para voltar ao estado anterior.
7. Permitir que o utilizador mantenha o controlo: todos os utilizadores gostam de sentir que o sistema responde às suas acções. Ansiedade e aborrecimento surgem quando as respostas do sistema são demoradas.
8. Diminuir as exigências na memória a curto prazo do utilizador: as janelas devem ser simples e bem organizadas; a movimentação das janelas deve ser evitada e, por fim, toda a informação que não caiba na janela visível deve ser sumariada ou acessível por exemplo a partir de botões ou hiperligações.

Prevenir erros

Só através do conhecimento dos mecanismos que produzem o erro é que é possível preveni-lo. Qualquer tipo de utilizadores comete erros e reduz a sua produtividade ao tentar corrigi-los constantemente. É por isso, essencial melhorar as mensagens de erro para reduzir e minimizar as quebras na produtividade e rendimento. As mensagens de erro não devem ser vagas, devem ter um tom positivo e, acima de tudo, devem ser construtivas [30].

3.2 Acessibilidade

Actualmente, a acessibilidade é, cada vez mais, um elemento fundamental no desenvolvimento de aplicações baseadas na *Web* [31]. No início da era Internet, a grande maioria dos *Sites* era caracterizada pelo uso intensivo de gráficos, imagens e animações de forma a atrair a atenção do utilizador. Inúmeras mudanças têm ocorrido

e caracterizado as sociedades actuais, sociedades estas fortemente interdependentes, e geradoras de necessidades cada vez maiores que exigem canais de comunicação mais eficazes. Estas mudanças têm, pois, repercussões significativas ao nível da utilização das novas tecnologias de informação, que, para serem acessíveis a todos, têm de funcionar de forma clara e perceptível.

A acessibilidade caracteriza-se, portanto, pelo acesso aos conteúdos existentes no *Site* por um leque variado de utilizadores. Podemos analisar a acessibilidade numa perspectiva prática. Por exemplo, quando vamos a um café não é normal encontrar placas a restringir o acesso a pessoas gordas, baixas ou com má visão. Da mesma forma, quando se acede a um *Site*, é de grande importância prever as limitações que os diferentes utilizadores poderão ter e adoptar medidas concretas para as ultrapassar.

Estas limitações podem referir-se a problemas físicos (problemas visuais, auditivos e motores), psicológicos (cognitivos) ou até tecnológicos (por exemplo, a velocidade de acesso ser muito lenta) que impedem os utilizadores de aceder com sucesso às informações disponíveis.

Os problemas relativos à acessibilidade podem ser contornados na fase de planeamento de uma aplicação *Web*, através de uma escolha cuidadosa e atenta do tipo de letra e do respectivo tamanho, de uma boa combinação de cores e de títulos descritivos nos links, e de títulos nas páginas.

Para concluir, e de forma sintetizada podemos considerar que um planeamento criterioso na construção de um *Site* apresenta as seguintes vantagens:

- abrange um maior número de pessoas;
- aumenta o mercado alvo;
- é mais funcional;
- demonstra uma preocupação social, ao permitir o acesso generalizado dos utilizadores à informação nele contida.

Por vezes a acessibilidade é confundida com a usabilidade, mas, na realidade, estes dois conceitos são diferentes, ainda que convergentes. A acessibilidade diz respeito à forma como a informação chega ao utilizador e à sua maior ou menor abrangência. Em relação à usabilidade, que aprofundaremos no capítulo 4, referimo-nos à funcionalidade do *Site* e aos elementos que o constituem. Esta característica, reflecte também a experiência que é proporcionada ao utilizador aquando da visita ao *Site*, provocando o abandono ou não do *Site*.

3.3 Planeamento e descrição do *Site*

As fases de investigação e de planeamento são colocadas em prática assim que se inicia a fase de desenvolvimento. Na fase de planeamento, deve ser assegurada a correcta visualização das diferentes páginas *Web*, diferentes resoluções de ecrãs, com diferentes gamas de cores e para as diferentes velocidades de conexão à rede dos diferentes utilizadores. A definição de uma interface de interacção simples mas efectiva, respondendo bem a requisitos funcionais e a requisitos não funcionais, resulta simultaneamente de processos de análise das tarefas do ponto de vista do apoio aos utilizadores e de processos de análise das potencialidades da tecnologia informática disponível. Embora independentes, os factores humanos e os factores tecnológicos devem ser suficientemente considerados para se obter uma boa interface. Um dos grandes problemas com que nos deparamos é o de não "inundar" os utilizadores com informação e o tempo que o *Site* demora a responder ao utilizador nunca deverá exceder os 10 segundos, ou, quando ultrapassa, deverá ser considerada a utilização de avisos relativamente ao tempo do carregamento das páginas.

Para realizar com sucesso o projecto de um sistema interactivo é essencial dominar a tecnologia a usar e conhecer muito bem os indivíduos que a vão usar. É também importante organizar eficazmente o projecto, garantindo que as tarefas relevantes são realizadas de acordo com um método apropriado, baseado na experiência de projectos passados e adaptado à situação concreta. De uma forma simples, um processo com estas dimensões e características envolve as quatro fases que apresentamos de seguida:

1. Identificar necessidades das pessoas e definir requisitos para o sistema;
2. Conceber e projectar o sistema;
3. Prototipar inicialmente e posteriormente construir uma versão interactiva;
4. Avaliar o sistema.

Na presença de sistemas interactivos já existentes, o processo de melhoria pode iniciar-se pela fase de avaliação. A avaliação da qualidade de uma interface envolve, normalmente, um conjunto de julgamentos objectivos e outros subjectivos. No entanto, o processo de concepção deve, à partida ser orientado por um conhecimento claro do perfil dos utilizadores do sistema e por um conjunto de medidas de desempenho precisas e objectivas. Desta forma, todos os intervenientes num projecto que envolva *interfaces* gráficas podem avaliar o processo e os seus resultados. Os seguintes factores humanos mensuráveis são centrais na avaliação da qualidade de uma *interface* [29] e constituem, por isso, a base da definição de objectivos de usabilidade:

Tabela 3.1: Resoluções de ecrãs de computadores e respectiva percentagem de utilização.

Resolução	Utilizadores (%)
640x480	1%
800x600	34%
1024x768	51%
Desconhecido	4%
Superior	10%

- a) Tempo de aprendizagem: tempo que um utilizador médio do perfil definido demora a aprender os comandos do conjunto de tarefas necessárias;
- b) Velocidade de utilização: tempo que demora a realizar o conjunto de tarefas definidas num dado teste padrão;
- c) Taxa de erros dos utilizadores: número e tipo de erros cometidos pelos utilizadores;
- d) Retenção ao longo do tempo: forma como os utilizadores operam o sistema passadas horas, dias ou semanas. Esta medida está intimamente relacionada com o tempo de aprendizagem e com a frequência de utilização;
- e) Satisfação subjectiva: grau de satisfação ou gosto dos utilizadores relativamente a vários aspectos da interface e do seu modo de operação. Pode ser avaliada através de questionários com escalas ou através de comentários de texto livre.

Uma decisão importante a ser tomada na fase de planeamento refere-se ao modelo de navegação a usar. As tarefas de concepção da imagem visual, da estrutura do *Site* e da definição de navegação constituem dimensões importantes que vão estabelecer a funcionalidade e a disposição de conteúdos que o *Site* irá ter. A seguinte listagem reflecte, resumidamente, os aspectos enunciados e as decisões relativamente a interfaces e design gráfico:

- Optimização para uma resolução de ecrã de computador de 800x600, uma vez que a informação importante do *Site* deve estar sempre numa área visível. Apesar de estar a ser cada vez menos usada, esta resolução tal como se pode verificar na tabela 3.1 [32], ainda é usada por uma boa percentagem de utilizadores. Desta forma garantimos que a totalidade dos utilizadores consegue visualizar a página da melhor forma;

- Tipo de letra Arial porque é considerado um tipo de letra menos formal, mais amigável e acima de tudo de fácil leitura;
- Cor da letra preta para assegurar boa legibilidade;
- Escolha de cor suave para não cansar o utilizador, transmitindo tranquilidade necessária para uma boa navegação.

Para terminarmos esta secção e passarmos à descrição da funcionalidade do *Site*, concluímos que projectar um *Site Web* não pode ser efectuado sem qualquer reflexão. Deve questionar-se se o *Site* será para uso educacional, informativo ou de entretenimento e, na sua definição e concretização, o *Site* deve centrar-se nas necessidades do utilizador. Quanto maior a concentração durante as fases de planeamento e desenvolvimento, e quanto maior o esforço dispendido para se tornar familiar, com os benefícios e limitações da *Web*, maior a probabilidade do *Site Web* ser bem sucedido [33].

Definição dos objectivos

O aumento do número de animais endogâmicos e do coeficiente de endogamia nos indivíduos e na população devem ser evitados, uma vez que aumentam a homozigotia, diminuem a variabilidade genética e podem provocar efeitos negativos nos animais especialmente em caracteres ligados ao "*fitness*" e a outros com interesse económico, tais como produção de leite, fertilidade, etc.

Se os criadores souberem os níveis de endogamia e o valor genético de descendências futuras será possível maximizar o progresso genético e manter a diversidade genética através da identificação dos touros (usados para inseminação artificial) que tenham o menor relacionamento possível com as vacas ou novilhas a serem inseminadas.

Pretendia-se com este projecto estudar como se poderão calcular os coeficientes de endogamia dos animais existentes e seus ascendentes, bem como prever os coeficientes de endogamia de possíveis descendentes, de modo a minimizá-los. Simultaneamente, pretendia-se otimizar a escolha dos melhores reprodutores machos (a partir de uma base de dados conhecida) para uma população de fêmeas. A escolha final recairá sobre aqueles que minimizarem o coeficiente de endogamia, maximizarem o valor genético na descendência e tiverem um menor custo associado.

Nesta dissertação era um dos objectivos criar um *Site Web* dinâmico que, com base nas necessidades definidas pelos criadores de raça Frísia, permitisse escolher as melhores opções em matéria de reprodutores tendo em conta o seu custo, variabilidade genética e o coeficiente de endogamia. O *Site* deverá permitir a cada criador ter acesso à sua exploração e aos dados genealógicos e reprodutores dos seus animais, calcular os coeficientes de endogamia dos animais que existem na base de dados e dos seus

ascendentes e, por fim, acasalar os possíveis machos com as fêmeas através do cálculo dos coeficientes de endogamia e do valor genético dos possíveis descendentes.

Especificar o público-alvo

Perante objectivos concretamente definidos, tornou-se necessário definir a audiência e os perfis dos utilizadores. Foram identificados três tipos de público-alvo:

- Técnicos de melhoramento genético animal, para os quais o assunto de endogamia é bastante familiar, reconhecendo, por isso, a importância de *Sites* deste tipo. Estes técnicos dominam também competências relacionadas com a utilização da Internet, o que facilita fortemente o acesso ao projecto agora apresentado.
- Criadores, que podem ser de vários tipos e com diferentes graus de escolaridade. Por esta razão, o *Site* deve ser simples e eficaz, uma vez que tem de constituir uma ferramenta acessível e eficaz para estes utilizadores.
- Administradores, que são utilizadores privilegiados que têm como função manipular e actualizar o *Site* quando assim for necessário.

Identificar recursos e conteúdos

Em relação aos recursos usados na implementação do *Site*, explicaremos pormenorizadamente todas as ferramentas que foram necessárias a nível de *software* para a sua concretização no capítulo seguinte. As ferramentas usadas foram o Macromedia Flash e o Macromedia Dreamweaver. A arquitectura usada para a comunicação foi do tipo Cliente-Servidor com 3 camadas, lado cliente (linguagem PHP), o lado servidor (Apache), e base de dados (MySQL).

Identificar os conteúdos a publicar num *Site* é uma tarefa que consiste na selecção de informação que deverá ser apresentada de forma a responder a todas as necessidades dos utilizadores.

Delineados que estavam os objectivos, o público-alvo e os conteúdos a abordar no *Site*, foi necessário definir uma estrutura a nível gráfico para cada tipo de página e decidir quais os elementos de navegação a usar para aceder aos conteúdos. A estrutura da página inicial será semelhante a todas as outras páginas, excluindo o facto da página inicial ter uma animação que reflecte a importância do assunto em causa.

Estrutura do *Site*

Depois da informação estar devidamente organizada, é necessário escolher a melhor forma de estruturar o *Site Web* definindo o tipo de navegação. São várias as formas actualmente usadas na estruturação de *Sites Web* [34]:

- **Estrutura linear:** é um tipo de estrutura que se baseia numa organização sequencial das páginas, em que de uma página passamos para a página seguinte ou para a anterior e assim sucessivamente. Este tipo de navegação vai sendo cada vez menos usada, uma vez que a linearidade, apesar de ser fiável, é bastante monótona (figura 3.2).

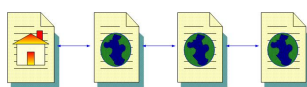


Figura 3.2: Estrutura linear

- **Estrutura em estrela:** a estrutura em estrela é caracterizada por permitir uma organização de páginas pouco profunda. A partir de uma página principal são disponibilizadas todas as ligações a outras páginas. A passagem de uma página para outra provoca o retorno à página principal (figura 3.3).

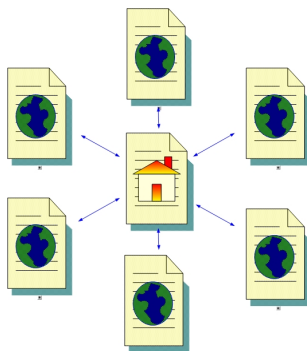


Figura 3.3: Estrutura em estrela

- **Estrutura em árvore:** tal como o nome indica, esta estrutura organiza as páginas *Web* em forma de árvore, sendo respeitada uma linha de orientação desde a página principal até às páginas que dela dependem hierarquicamente e assim sucessivamente (figura 3.4).
- **Estrutura em rede:** a estrutura em rede é caracterizada por uma navegação não estruturada. As páginas estão ligadas entre si de forma directa. Este tipo de ligações não está restringido a regras, tal como acontece nas estruturas

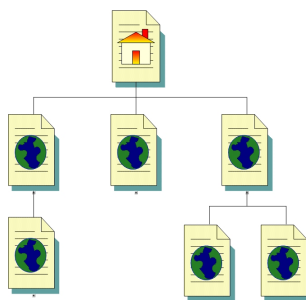


Figura 3.4: Estrutura em árvore

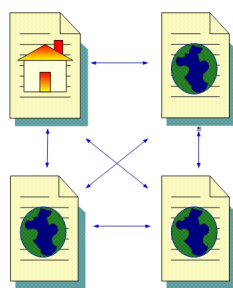


Figura 3.5: Estrutura em rede

apresentadas anteriormente, mas a grande desvantagem desta rede é que pode, por vezes, tornar-se demasiado confusa para o utilizador (figura 3.5).

- **Estrutura híbrida:** quando se constrói um *Site* com um elevado grau de complexidade, cada uma das estruturas anteriores não é suficiente para uma navegação bem sucedida. Uma solução eficaz passa pela agregação e integração de diferentes estruturas, o que é possível através de uma estrutura híbrida (figura 3.6).

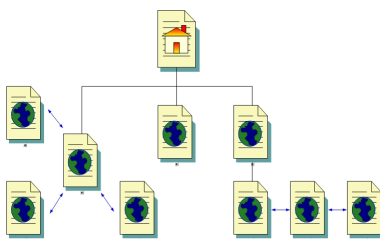


Figura 3.6: Estrutura híbrida

Segundo Jacob [35], navegar numa página *Web* significa interagir com a mesma. Os utilizadores devem, durante a sua interacção, ser orientados no percurso que estão a realizar de forma a facilitar a sua localização. Se, por um lado, a estrutura não deve ser muito profunda, pois pode parecer demasiado vertical, nem muito superficial, correndo

o risco de parecer demasiado horizontal, por outro, não deve ser muito complexa pois poderá confundir o utilizador. Considerando o exposto, achamos por bem usar a estrutura híbrida para a construção do *Site Web*.

Em relação à divisão das páginas, optámos, em determinadas páginas, por uma estrutura em tabela e, noutras, pela subdivisão em *frames* de forma a permitir uma melhor organização do *Site*. Na parte superior da tabela estão inseridos os botões de navegação e o local de autenticação (figura 3.7). As *frames* foram usadas para facilitar a navegação ao utilizador (figura 3.8). Uma página pode conter várias

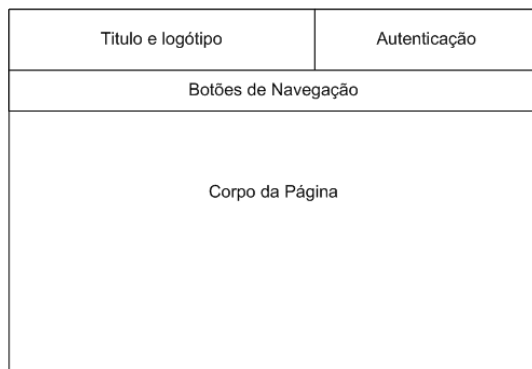


Figura 3.7: Estrutura página inicial

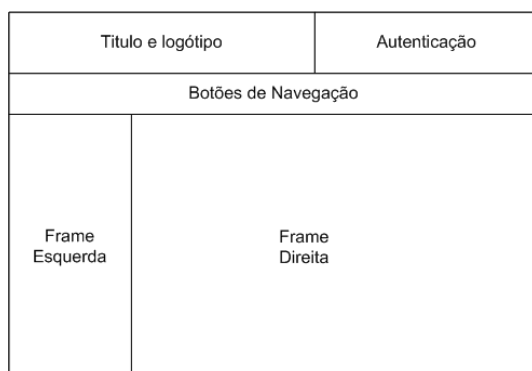


Figura 3.8: Estrutura página animal e endogamia

frames, geralmente duas ou três, cada uma correspondendo a diferentes documentos HTML. As *frames* dentro de um *browser* são criadas com o seguinte código:

```
<frameset rows="430" cols="165" framespacing="0" frameborder="NO" border="0">
  <frame src="frameesqanimal.php" name="leftFrame" scrolling="NO" noresize>
  <frame src="animal.php" name="mainFrame">
</frameset>
```

Em relação à navegação, será assegurada por botões inseridos em tabelas de forma a estarem posicionados sempre no mesmo local. Uma vez que estes se iriam manter

estáticos, pensamos ser vantajoso o uso de tabelas porque são mais fáceis de implementar e o carregamento das páginas fica mais leve. Para a página inicial, decidimos incluir efeitos especiais, portanto, optámos por uma animação feita em Flash usando imagens relacionadas com o tema da tese.

Descrição

Concluída a fase de planeamento, e num momento em que todos os objectivos estão definidos, os utilizadores identificados, a informação recolhida e toda a estrutura gráfica em relação aos elementos de navegação a usar para aceder aos conteúdos, decidida, segue-se a definição das páginas.

A página inicial terá uma configuração semelhante a todas as outras páginas, excluindo o facto de ter uma animação que reflecte a importância do assunto em causa. Como já referimos a estrutura do *Site* escolhida reflecte uma navegação bastante flexível, sendo que através da página principal é possível aceder à maioria das páginas que o constituem. A navegação é feita por um menu horizontal, localizado no topo da página, que contém as ligações para as secções principais:

- Notícias, onde se colocarão as informações mais recentes relacionadas com o tema do *Site*;
- Contactos, para o caso de surgir alguma dúvida ou sugestões;
- F.A.Q., onde o utilizador poderá encontrar respostas a algumas perguntas mais habituais;
- Endogamia, que apresenta métodos diferentes de cálculo consoante o tipo de utilizador;
- Animal, onde estão os dados dos animais.

Para as páginas Animal e Endogamia está também disponível uma outra forma de navegação: um menu vertical, do lado esquerdo da página.

Em relação à Autenticação o utilizador terá em todo o *Site* essa acção sempre disponível na parte superior direita da página, para o momento em que irá aceder à informação considerada restrita em relação à sua exploração e aos seus animais.

Se o utilizador for do tipo de utilizadores sem autenticação tem disponível a página de Endogamia que apenas permite calcular o coeficiente de um possível descendente de um acasalamento entre uma mãe e um pai inseridos pelo próprio utilizador (figura 3.9).

Optimização de Acasalamentos

Autenticação

Login

Password OK

Home Noticias Contactos F.A.Q. Endogamia

Qui, 10 de Maio 2007

Modo de introdução:

1 - Insira o Snirb da Mãe que pretende;
2 - Insira o Snirb do Pai que pretende;
3 - Clique em Calcular;
4 - Caso os Snirbs sejam válidos e existam na base de dados é lhe dado o valor da endogamia de um possível descendente.

Snirb Mãe

Snirb Pai

Calcular

Figura 3.9: Página de cálculo do coeficiente de endogamia para utilizadores sem autenticação.

Se pelo contrário o utilizador tiver um login e password de acesso as ferramentas disponíveis para o cálculo de endogamia são mais completas:

- **Normal:** o utilizador é convidado a escolher o intervalo de valores a que pretende que os animais pertençam.

Por exemplo, se o utilizador pretender um animal para acasalar com a fêmea para o qual o preço associado esteja num intervalo entre os 10 e os 20 euros selecciona essa opção em vez de seleccionar a opção Todos. Assim que as restrições estiverem escolhidas, é devolvida ao utilizador uma listagem com todos os animais que as satisfaçam.

O utilizador escolhe uma fêmea e o número de machos que quiser. O resultado final é uma lista com tantas linhas quantas o número de animais seleccionados com a seguinte informação: Snirb Fêmea, Snirb Macho, Coeficiente de Endogamia e Valor Genético do possível descendente.

- **Optimização:** este processo é idêntico ao processo anterior, até ao momento em que o utilizador escolhe um grupo de machos. O utilizador pode agora escolher um grupo de fêmeas (figura 3.10), e será aplicado o sistema de apoio à decisão, como explicaremos no capítulo seguinte, e o resultado final obtido associando a cada fêmea o melhor macho entre os machos previamente escolhidos, através da combinação do coeficiente de endogamia, valor genético e preço de ambos os animais. Os valores devolvidos são (figura 3.11): Snirb Fêmea, Snirb Macho,

Valor Genético, Custo e uma percentagem indicadora da vantagem associada a esta combinação de animais.

The screenshot shows the 'Optimização de Acasalamentos' web application. The header includes a cow icon, the title 'Optimização de Acasalamentos', and a user greeting 'Bem vindo BEG610' with a 'Sair' button. The navigation menu has links for Home, Notícias, Contactos, F.A.Q., Endogamia, and Animal. The main content area displays a list of animals for selection, organized into two columns. The left column lists females (fêmeas) with IDs starting with 'PT', and the right column lists males (machos) with IDs starting with 'USA'. Each animal entry has a checkbox. The 'Normal' optimization level is selected. A 'Continuar>>' button is at the bottom.

Fêmea	Macho
☐ PT 513183528	☒ USA120754720
☐ PT 513450668	☒ USA17013014
☒ PT 513502270	☒ USA17064727
☒ PT 513645090	☒ USA17129288
☐ PT 613437284	☒ USA2283609
☒ PT 713319308	
☐ PT 713412141	
☐ PT 713462820	
☒ PT 813319312	
☒ PT 813437967	
☐ PT 813477364	
☐ PT 912933108	
☒ PT 913132678	
☐ PT 913371367	
☐ PT 913437495	
☐ PT 913455758	
☐ PT 913462824	

Figura 3.10: Página de selecção de um fêmea e vários machos.

The screenshot shows the 'Optimização de Acasalamentos' web application displaying the results of a normal calculation. The header and navigation menu are the same as in Figure 3.10. The main content area shows a table with the following data:

Snirb Fêmea	Snirb Macho	Endogamia	Valor Genético	Custo	%
DE 0346877012	USA2283609	0.00000	-892.411	15.5€	69.5%
PT 513502270	USA2283609	0.00012	133.792	15.5€	76.0%
PT 513645090	USA2283609	0.00781	267.565	15.5€	76.0%
PT 713319308	USA2283609	0.00024	-61.134	15.5€	74.7%
PT 813319312	USA120754720	0.00000	162.065	34€	70.0%
PT 813437967	USA120754720	0.00391	782.069	34€	73.5%
PT 913132678	USA120754720	0.00000	1249.939	34€	76.9%

At the bottom of the table, there are two buttons: 'Voltar' and 'Imprimir'.

Figura 3.11: Página de resultado cálculo normal.

Outra particularidade deste *Site* é permitir ao utilizador visualizar os dados dos seus animais. Depois da activação do botão Animal aparecerá uma frame com divisão entre

contacte-nos!'."/>

Nome	: Soc Agrícola da Maganha, Ld
Morada	: R do St Isidro, nº214 - Santiago Bougado
Freguesia	: SANTIAGO BOUGADO
Concelho	: Santo Tirso
Proprietário	: 400708 - Soc Agrícola da Maganha, Ld
Telemovel	:
Telefone	:
Fax	:
E-Mail	:

Caso tenha alguma dificuldade por favor [contacte-nos!](#)

Figura 3.12: Página de dados da exploração.

Machos e Fêmeas. Se, por exemplo, o utilizador escolher Fêmeas são listadas todas as fêmeas da exploração e o utilizador poderá visualiza-las uma a uma (figura 3.13). São indicadas as suas características, nomeadamente o valor genético do leite, gordura e proteína, o coeficiente de endogamia e os seus ascendentes.

Animal - Fêmeas - PT 213082875

PT 213082875 OK

Animal		
Snirb:	PT 213082875	D. Nascimento: 1999-12-31
		Raça: Frísia
Paternidade		
Snirb Pai:	IT 0024009666	Snirb Mãe: PT 8847649
		Detalhes
Variabilidade Genética		
-234.932		
Coeficiente de Endogamia		
0		
Descendências		
Fêmeas	2	Machos: 2

Figura 3.13: Página de dados das fêmeas.

No caso dos pais serem conhecidos, o utilizador, através do Link *Detalhes*, acede a uma página com informações mais completas e pormenorizadas sobre a sua descendência (figura 3.14).

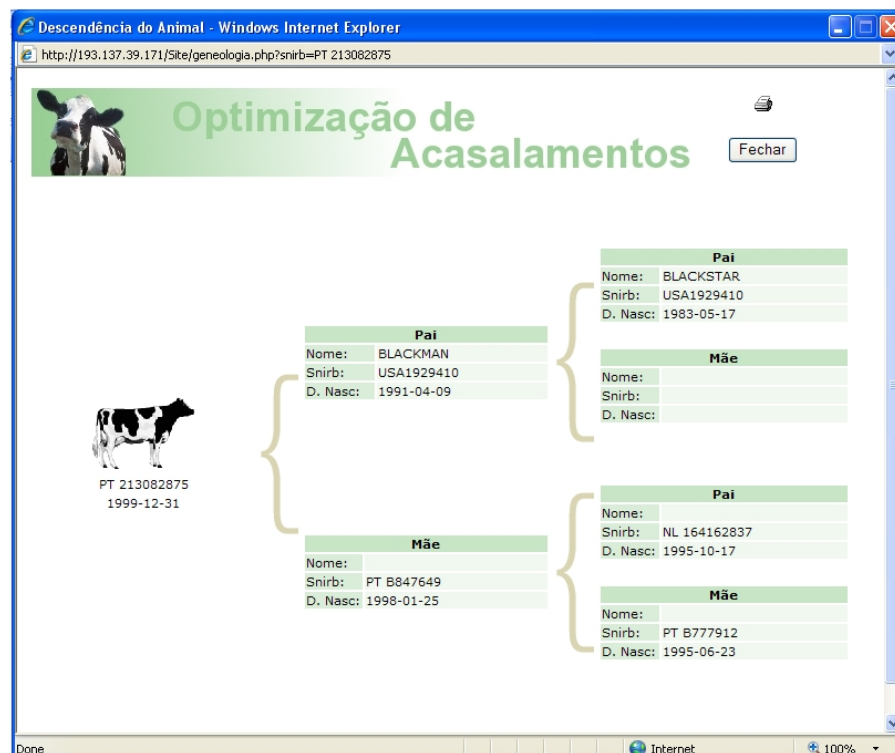


Figura 3.14: Página de descendência

A página *FAQ* contém algumas perguntas e respostas que permitem ao utilizador com menos conhecimentos perceber a importância de evitar animais endogâmicos e de minimizar o coeficiente de endogamia de cada um. É também nesta página que o utilizador encontrará respostas às dúvidas mais frequentes, como por exemplo: ”‘*Como posso saber a descendência de um animal da minha exploração?*’”

Capítulo 4

Implementação do sistema

Pretendemos, neste capítulo, focar a integração das tecnologias usadas neste *Site* de forma a atingir os objectivos propostos. É explicada a arquitectura implementada, os algoritmos usados para o cálculo do coeficiente de endogamia e o sistema de apoio à decisão ao qual recorreremos na optimização dos acasalamentos.

4.1 Arquitectura do sistema

Um sistema distribuído é constituído por vários computadores interligados numa rede com a finalidade de trocar informações e partilhar recursos entre eles. Os principais objectivos e vantagens são:

- **partilha de programas e ficheiros de dados:** através de uma rede é possível que vários utilizadores, recorrendo ao seu próprio posto de trabalho acedam a um mesmo programa, e aos dados que se encontrem instalados num dos computadores dessa rede;
- **intercâmbio de informação,** através de uma rede, os utilizadores podem trocar mensagens e ficheiros de dados;
- **melhor organização do trabalho,** nomeadamente com a possibilidade de atribuir diferentes privilégios aos utilizadores consoante o estatuto, supervisionar e controlar o trabalho, constituir grupos de trabalho, entre outros.

Os sistemas distribuídos estão a tornar-se numa realidade cada vez mais presente nas organizações actuais. Para ser garantido um sistema estável numa empresa e com um desempenho desejável por parte dos utilizadores é necessário escolher o tipo de arquitectura que se pretende desenvolver e construí-la com base em regras.

Actualmente, as arquitecturas mais usadas são: *Peer-to-Peer* e Cliente-Servidor apresentadas nas figuras 4.1 e 4.2 respectivamente.

Nas redes *peer-to-peer* não há distinção entre servidores e clientes e não existe um computador dedicado à tarefa de administrar e fornecer recursos e informações aos utilizadores. A principal característica é a possibilidade de todos os computadores partilharem e acederem aos recursos uns dos outros. Apesar de terem um custo mais baixo de implementação associado, possui menos velocidade de acesso e mecanismos de segurança menos sofisticados em relação aos sistemas cliente-servidor. É indicada para pequenas empresas que possuem entre 5 a 15 computadores.

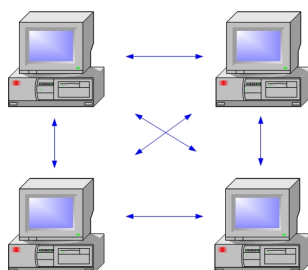


Figura 4.1: Esquema da rede *peer-to-peer*

Já os sistemas cliente-servidor requerem um computador exclusivamente dedicado para funções de servidor, e separadamente um conjunto de clientes que dependem desse mesmo servidor para realizar o seu trabalho e aceder às informações partilhadas. Toda a informação partilhada encontra-se centralizada no servidor e está acessível a todos os utilizadores simultaneamente. Este tipo de sistemas permite o funcionamento de um elevado número de computadores, centralizando o controlo e melhorando as condições da segurança de informação.

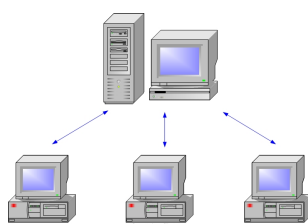


Figura 4.2: Esquema da rede cliente-servidor

Uma vez que esta aplicação *Web* será acedida por dezenas de pessoas, que não se encontram no mesmo local físico e tendo em consideração que a base de dados onde estão registados os animais se situa num computador central, optámos por usar a arquitectura cliente-servidor.

Em relação a este tipo de sistemas (cliente-servidor) é importante focar que estas arquitecturas são constituídas por duas, três ou n camadas (*tier*), cada uma com

diferentes funções [36]. A saber:

- *2 - Camadas*: a aplicação do cliente que fica responsável pela apresentação (programa responsável pelo acesso do utilizador ao sistema), sendo por vezes responsável por algum processamento, e a outra camada diz respeito ao processamento e armazenamento de dados. Caso seja necessária alteração na *interface* é necessário que todos os computadores que possuem a versão anterior recebam a nova versão. Esta característica constitui a grande desvantagem deste tipo de arquitectura, uma vez que qualquer alteração na aplicação obriga à actualização de dezenas ou centenas de computadores, que se poderá vir a tornar numa tarefa extremamente complexa e de custo elevado.
- *3 - Camadas*: nesta arquitectura existe a camada cliente que é a responsável pela apresentação, a camada servidor que contém todas as regras de negócio que deixam de ser feitas no lado cliente ficando centralizadas num único ponto e a base de dados. Em relação ao servidor de base de dados, as comunicações deixam de ser feitas pelo cliente e passam a ser feitas através do servidor.

Com o objectivo de encontrar melhores soluções, resolvendo os problemas que surgem no modelo de duas camadas, foi usado o modelo de três camadas, uma vez que se trata da arquitectura que responde da melhor forma aos clientes. As três camadas que compõem esta arquitectura são:

- Camada Cliente: *interface*;
- Camada Aplicacional: servidor *web* + programa de acesso e processamento de dados;
- Camada de Dados: base de dados.

A arquitectura do *Site* desenvolvido pode ser apresentada, resumidamente, do seguinte modo 4.3:

1. O utilizador liga-se através de um *browser* ao Servidor *Web*;
2. O servidor *Web* verifica se existem ligações à Base de Dados (MySQL) e estabelece as ligações em caso afirmativo;
3. São processados os dados de acordo com as instruções existentes no script PHP, que estão no servidor;
4. É enviado ao *browser* o HTML devidamente formatado pelo Servidor *Web*.

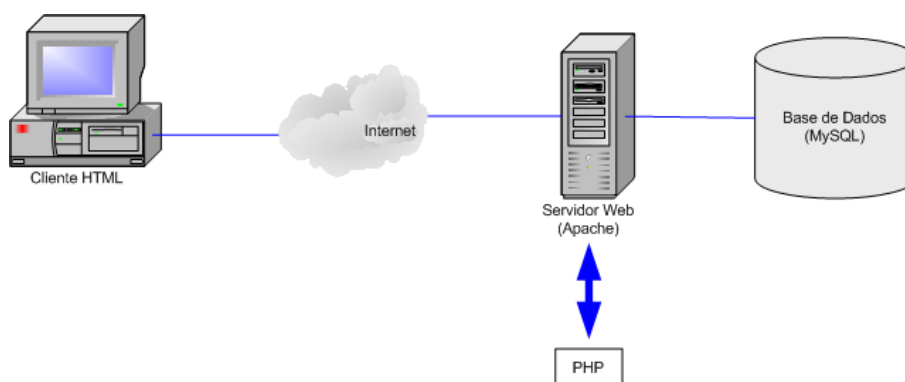


Figura 4.3: Esquema da arquitectura do sistema

Na *Web* existem dois tipos distintos de *Web Sites*: os estáticos e os dinâmicos.

Os **Web Sites estáticos** são constituídos por páginas em HTML, texto, imagens, vídeo ou áudio, e a informação que constitui as páginas é apresentada ao utilizador sempre da mesma forma. Nos **Web Sites dinâmicos**, a informação enviada pelo servidor *Web* ao *browser* depende das interações que são feitas por parte do utilizador, isto é, parte das páginas enviadas pelo servidor são construídas em tempo real como resposta a pedidos, escolhas ou dados introduzidos pelo utilizador. Estas páginas são classificadas em função do local onde se realiza o processamento da página: lado do cliente ou do servidor.

Temos, assim, por um lado a linguagem de criação de páginas *Web* (HTML), e por outro lado, linguagens de programação de páginas *Web* que complementam o HTML, permitindo incluir efeitos dinâmicos e interactivos. As linguagens de programação que se podem usar são, por exemplo:

- Java e Java Script;
- Visual Basic Script;
- JSP - Java Server Pages;
- ASP - Active Server Pages;
- PHP - Hypertext Preprocessor.

O processamento desta linguagem é feito totalmente do lado do servidor que tem que estar preparado para responder a vários pedidos em simultâneo para que não haja uma quebra acentuada no desempenho de envio da resposta.

4.1.1 Interface

O *Web browser* ou mais comumente conhecido como *browser* é um programa que possibilita que os utilizadores interajam com o que se encontra hospedado num servidor *Web*. Quando se activa um link, ou se carrega num simples botão, o que acontece na realidade é que é estabelecido um pedido de uma página HTML que se encontra no servidor e que é interpretada pelo *browser* e apresentada ao utilizador devidamente formatada.

Para o desenvolvimento das páginas do *Site* foi utilizada a ferramenta Dreamweaver. Foram também tidos em consideração os aspectos estudados no processo de planeamento e construção de páginas *Web*, referidas no capítulo anterior.

No desenvolvimento do *Web Site* usaram-se Folhas de Estilo em Cascata (CSS ou Cascading Style Sheet) recorrendo ao Dreamweaver. A utilização de CSS facilita a consistência de um *Site* e garante a formatação homogénea de todas as páginas, controlando os aspectos gráficos e facilitando a sua alteração [37]. Uma folha de estilo determina o aspecto gráfico a dar aos elementos do HTML permitindo liberdade na forma de definir os estilos. As folhas de estilo estabelecem, por exemplo, a forma e o tamanho das imagens inseridas e também os tipos e tamanhos de letra a usar nos diversos elementos de um *Site Web*. Para um mesmo documento podem ser usados vários ficheiros de estilo, que, por sua vez, podem ser partilhadas por diferentes documentos, o que permite alterar simultaneamente os aspectos gráfico de todas essas páginas.

A designação de cascata está relacionada com a forma como as definições sobre os vários elementos de formatação e composição das páginas é feita. A leitura das definições de estilo é feita pelo *browser* de cima para baixo e quando encontra estilos repetidos combina-os num só estilo. Uma folha de estilo é um ficheiro separado do ficheiro HTML e tem extensão .css. Podem ser usados vários ficheiros .css num mesmo documento HTML mas no *Site* desenvolvido foi usado apenas o "style.css".

A folha de estilos deve ser incluída no documento HTML dentro da tag HEAD do documento. A sintaxe geral é:

```
<head>
.....
<link rel="stylesheet" type="text/css" href="style.css">
.....
</head>
```

A definição de um estilo específico segue a forma:

```
.estilo{
```

```
propriedade1: valor1;
propriedade2: valor2;
}
```

De seguida apresenta-se um exemplo da definição do texto para os dados de um animal:

```
.dadosanimal{
font-family: Verdana, Arial, Helvetica, sans-serif;
font-size: 11px;
color:#000000;
font-weight: bold;
text-align:left;
}
```

Definidas todas as formatações necessárias e havendo uma referência do ficheiro, é necessário associar-lhe a respectiva tag, invocada pelo atributo universal class. A forma genérica é:

```
<TAG class="estilo">
```

Para atribuir o estilo à classe *dadosanimal* usa-se:

```
<p class="dadosanimal"></p>
```

4.1.2 Servidor

São vários os Servidores *Web* actualmente existentes, como por exemplo: SunOne, Oracle Application Server, TomCat e Apache.

Neste trabalho a escolha recaiu sobre o Apache, uma vez que se trata do líder do mercado, com mais de 60% dos *Sites* de toda a Internet. É o servidor mais seguro [38] e não tem concorrentes à altura em relação à riqueza de recursos, estabilidade e desempenho. A outra grande vantagem é o facto de ser gratuito.

Para a linguagem baseada do lado do Servidor, escolhemos o PHP. O código PHP é embebido no documento HTML, de maneira a que o Servidor *Web* interprete o script e gere o código HTML. O PHP é intercalado com o HTML no mesmo código, sendo apenas necessário indicar, com os delimitadores, o início e o fim das instruções.

```
<?php echo "Eu sou um delimitador"; ?>
```

O PHP é uma linguagem de programação orientada a objectos, que permite a herança e reutilização de código de forma dinâmica e estática. Este tipo de programação

(orientada a objectos), veio melhorar o desempenho e aumentar a produtividade devido ao seu tipo de implementação [39]. Trata-se de uma maneira de programar que modela os processos de programação próxima da realidade. Por exemplo, trata cada componente de um programa como um objecto com as suas funções e características. Uma linguagem orientada a objectos está organizada em classes, que são constituídas por um conjunto de variáveis (propriedades ou atributos) e funções (métodos). Uma outra vantagem da programação orientada a objectos é o facto de as classes poderem herdar comportamentos de outras classes.

Outro ponto forte do PHP é o facto de ser simples de implementar a ligação a uma base de dados. A interacção do utilizador com uma base de dados é imediata e consoante o pedido feito, o utilizador obterá a resposta pretendida [40]. Este dinamismo é conseguido com recurso a um cliente *Web (browser)*, Servidor *Web (Apache)*, Servidor de Base de Dados (MySQL).

Para a comunicação com a base de dados é necessário, em primeiro lugar, efectuar uma ligação a essa mesma base de dados. As instruções podem variar de acordo com o sistema operativo e com a linguagem usada. Por exemplo, a instrução em Sql [41], usando PHP, para efectuar a ligação à base de dados é:

```
<?php
$hostname_Bovinform = "193.137.39.171";
$database_Bovinform = "bovindados";
$username_Bovinform = "rosa";
$password_Bovinform = "*****";
$Bovinform = mysql_pconnect(
$hostname_Bovinform, $username_Bovinform, $password_Bovinform)
or trigger_error(mysql_error(), E_USER_ERROR);
?>
```

Estando estabelecida a comunicação entre o PHP e a base de dados, é possível efectuar operações sobre os dados armazenados. A apresentação dos resultados dessas operações é feita através do *browser*. As interrogações à base de dados seguem uma estrutura básica de uma expressão SQL com três cláusulas: SELECT que corresponde à operação de projecção de álgebra relacional; FROM que corresponde ao produto cartesiano (lista de tabelas) e WHERE que corresponde à selecção.

Por exemplo, para seleccionar o nome, morada, lugar e freguesia da tabela Exploração cujo login fosse o indicado pelo utilizador é usada a seguinte combinação de SQL e PHP:

```
mysql_select_db($database_Bovinform, $Bovinform);
$qExploracao = sprintf("SELECT nome,morada,lugar,freguesia
```

```
FROM Exploracao WHERE login = '%s'", $exploracao);  
$Exploracao = mysql_query($query_Exploracao, $Bovinform)  
or die(mysql_error());  
$row_Exploracao = mysql_fetch_assoc($Exploracao);
```

A combinação mais popular da Internet é PHP + Apache + MySQL. Esta combinação permite construir aplicações *Web* bastante sofisticadas, através de uma programação bastante simples. Para além de facilidade de programação têm a vantagem de serem software livre e fornecem produtividade, segurança e confiabilidade.

4.1.3 Base de dados

A elevada importância que a informação adquiriu no processo de tomada de decisões nas organizações tem exigido o desenvolvimento de sistemas de informação que permitam a inserção e manipulação dos dados. Para este trabalho usamos um Sistema de Gestão de Base de Dados (SGBD), que é uma ferramenta que armazena dados estruturados em tabelas e que permite a sua consulta e actualização entre outros tipos de operações processadas por meios informáticos. Usando um SGBD relacional é possível trabalhar com múltiplas tabelas e estabelecer relacionamentos entre elas.

Um SGBD apresenta uma arquitectura com três níveis:

- **Nível Físico:** os ficheiros que constituem uma base de dados são guardados em suporte de armazenamento informático, e a partir daí, manipulados pelo SGBD.
- **Nível Conceptual:** corresponde à organização ou estruturação dos dados (através de campos), das tabelas e dos relacionamentos, de forma a estes estarem disponíveis para serem consultadas pelos utilizadores ou programadores de modo a estruturar a informação.
- **Nível de Visualização:** como, na maior parte dos casos os utilizadores finais não têm conhecimentos sobre os níveis físico e conceptual da base de dados, mas apenas têm contacto com a *interface*, este nível corresponde à forma como os dados são apresentados aos utilizadores finais.

Um SGBD é um programa que permite efectuar as seguintes operações:

- Definir e alterar a estrutura da base de dados, como por exemplo: criar novas base de dados, criar novas tabelas, alterar os campos das tabelas, eliminar tabelas;
- Manipular os dados, como por exemplo: consultar dados de tabelas, inserir novos dados, alterar dados existentes e eliminar dados;

- Controlar o acesso aos dados, dando ou não a permissão de acesso à base de dados por parte dos utilizadores.

Resumindo, o grande objectivo dos programadores, quando criam a BD, é abstrair os utilizadores dos seus aspectos internos. Em relação ao tipo de SGBD usado para comunicar com o *Site Web* implementado, optámos pela utilização do MySQL. O MySQL tem sido continuamente aperfeiçoado desde os anos 80, apresentando hoje um código estável e fiável. Devido ao facto de ser software livre, este sistema possibilita que qualquer utilizador possa usá-lo e modificá-lo gratuitamente. O MySQL é, hoje em dia, um dos mais populares SGBDs relacionais.

A planificação da base de dados pode ser feita, essencialmente, usando três modelos conceptuais: modelo hierárquico, modelo em rede e modelo relacional.

- Modelo hierárquico: trata-se de um conjunto de registos relacionados entre si através de ligações. Este tipo de estrutura de ligação tem um aspecto de diagrama em árvore, e cada registo tem uma ligação a outro registo que funciona como superior hierárquico (se este for apagado tudo o que se encontra por baixo será também eliminado).
- Modelo de rede: este modelo é semelhante ao anterior, uma vez que é também ele constituído por um conjunto de registos relacionados entre si. A diferença é que a estrutura não é em forma de árvore mas sim de rede, ou seja, os registos estão relacionados entre si de uma forma mais flexível.
- Modelo relacional: surgiu para ultrapassar as limitações dos dois modelos anteriores. Este modelo organiza os dados de uma forma mais simples e ao mesmo tempo mais flexível - tabelas.

No trabalho descrito optámos por usar o modelo relacional. Neste modelo as tabelas representam entidades, por exemplo: pessoas, animais, explorações, etc. Cada tabela é constituída por colunas que representam os atributos das entidades. Por exemplo como atributos da entidade Animal temos nome, sexo e data de nascimento, entre outros. Por sua vez, as tabelas podem-se relacionar entre si.

As bases de dados relacionais são constituídas por tabelas e relacionamentos entre si, e a sua correcta estruturação permitirá um funcionamento coerente e consistente da base de dados.

Como grandes vantagens do modelo relacional podemos referir:

- Simplicidade: tanto a estrutura dos dados como as operações a serem aplicadas são simples;

- Flexibilidade: é fácil adicionar, modificar, apagar dados das tabelas. As modificações podem ser feitas sem envolver toda a Base de Dados;
- Independência de dados: é possível alterar as definições das tabelas sem ter impacto nos programas existentes.

O esquema relacional obtido depois do levantamento das necessidades do *Site* pode ser visto na figura 4.4:

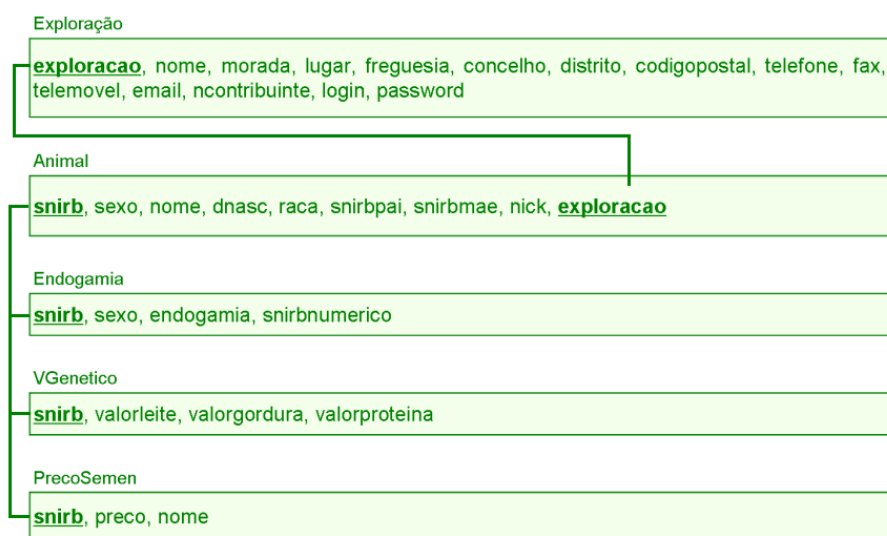


Figura 4.4: Modelo relacional

Para criar as tabelas e atribuir a designação de cada um deles usámos o MySQL Administrator (ver figura 4.5).

Para cada tabela foram definidas as seguintes propriedades:

- Nome;
- Tipo de Dados: por exemplo para o campo data o tipo Date;
- Tamanho do Campo;
- Null: permite escolher se o campo pode ser ou não nulo;
- Chave Primária: permite escolher se o campo identifica de forma unívoca os registos da tabela;
- Chave Estrangeira: campo da tabela que é chave primária noutra tabela.

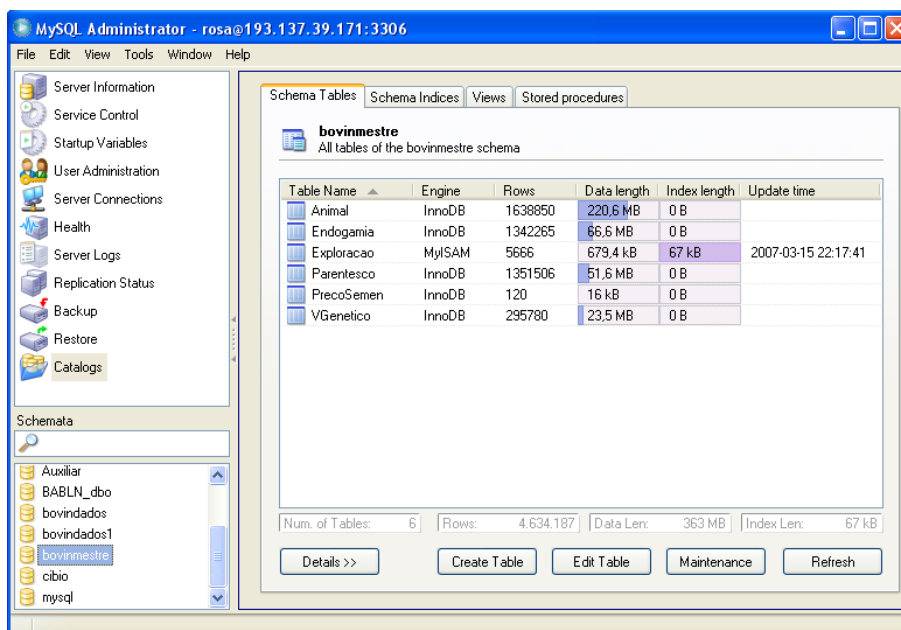


Figura 4.5: Consola de administração do MySql

Em seguida procede-se a uma breve descrição das tabelas que constituem a base de dados. A tabela Animal (figura 4.6) guarda todos os dados que dizem respeito às características do animal tais como: nome, nick e sexo. O campo snirb é a chave primária em conjunto com o campo exploração, sendo este último chave estrangeira, relacionando o animal com a exploração a que este pertence. Saliente-se que cada animal pertence apenas a uma exploração.

Column Name	Datatype	NOT NULL	AUTO INC	Flags	Default Value	Comment
snirb	VARCHAR(15)	☒	☐	☐ BINARY		
sexo	CHAR(1)	☒	☐	☐ BINARY ☐ ASCII ☐ UNIC		
nome	VARCHAR(35)	☐	☐	☐ BINARY	NULL	
dnasc	DATE	☒	☐		0000-00-00	
racaantiga	VARCHAR(15)	☐	☐	☐ BINARY	NULL	
snirbpai	VARCHAR(15)	☐	☐	☐ BINARY	NULL	
snirbmae	VARCHAR(15)	☐	☐	☐ BINARY	NULL	
exploracao	VARCHAR(6)	☒	☐	☐ BINARY		
nick	VARCHAR(15)	☐	☐	☐ BINARY	NULL	

Figura 4.6: Esquema da tabela animal

A tabela Endogamia (figura 4.7) tem apenas quatro campos: sexo, endogamia, snirb-numerico e snirb. Este último é ao mesmo tempo chave estrangeira da tabela Animal.

A tabela Exploração (figura 4.8) guarda todos os dados que dizem respeito à exploração. O login e a password são os campos necessários para o utilizador proprietário de uma dada exploração poder entrar no *Site*. O campo exploração é a chave primária.

Column Name	Datatype	NOT NULL	AUTO INC	Flags	Default Value	Comment
snirb	VARCHAR(15)	☒		☐ BINARY		
sexo	CHAR(1)	☒		☐ BINARY ☐ ASCII ☐ UNIC		
endogamia	FLOAT	☒		☐ UNSIGNED ☐ ZEROFILL	0	
snirbnumerico	INTEGER	☒		☒ UNSIGNED ☐ ZEROFILL	0	

Figura 4.7: Esquema da tabela endogamia

Column Name	Datatype	NOT NULL	AUTO INC	Flags	Default Value	Comment
login	VARCHAR(8)	☒		☐ BINARY		
password	VARCHAR(8)	☒		☐ BINARY		
exploracao	VARCHAR(6)	☒		☐ BINARY		
nome	VARCHAR(60)	☒		☐ BINARY		
morada	VARCHAR(100)			☐ BINARY	NULL	
lugar	VARCHAR(35)			☐ BINARY	NULL	
freguesia	VARCHAR(35)			☐ BINARY	NULL	
concelho	VARCHAR(35)			☐ BINARY	NULL	
distrito	VARCHAR(35)			☐ BINARY	NULL	
codigopostal	VARCHAR(8)			☐ BINARY	NULL	
telefone	VARCHAR(15)			☐ BINARY	NULL	
fax	VARCHAR(15)			☐ BINARY	NULL	
telemovel	VARCHAR(15)			☐ BINARY	NULL	
email	VARCHAR(45)			☐ BINARY	NULL	
ncontribuinte	VARCHAR(12)			☐ BINARY	NULL	

Figura 4.8: Esquema da tabela exploração

A tabela VGenetico (figura 4.9) guarda os valores genéticos do Leite, da Proteína e da Gordura de cada animal; também nesta tabela o Snirb é a chave primária. A criação de uma tabela à parte da tabela Animal, para guardar estes valores, pode levantar alguma estranheza aos leitores mas esta opção teve em conta o facto dos animais que são incluídos na tabela Animal, obrigatoriamente, estarem associados a uma exploração, o que não acontece, necessariamente, com os animais inseridos na tabela VGenetico.

Column Name	Datatype	NOT NULL	AUTO INC	Flags	Default Value	Comment
snirb	VARCHAR(15)	☒		☐ BINARY		
valorleite	DOUBLE			☐ UNSIGNED ☐ ZEROFILL	0	
valorgordura	DOUBLE			☐ UNSIGNED ☐ ZEROFILL	0	
valorproteina	DOUBLE			☐ UNSIGNED ☐ ZEROFILL	0	

Figura 4.9: Esquema da tabela valor genético.

A tabela PrecoSemen (figura 4.10) é a tabela que contém todos os Machos disponíveis para inseminação, sendo o snirb a chave primária.

Column Name	Datatype	NOT NULL	AUTO INC	Flags	Default Value	Comment
snirb	VARCHAR(15)	☒	☐	☐ BINARY		
preco	DOUBLE	☒	☐	☐ UNSIGNED ☐ ZEROFILL	0	
nome	VARCHAR(45)	☒	☐	☐ BINARY		

Figura 4.10: Esquema da tabela preço semen.

4.2 Sistema de apoio à decisão

Como já referido no Capítulo 1, os sistemas de informação são cada vez mais indispensáveis nas empresas. Um SI é um sistema que guarda e processa a informação, utilizando como recurso os computadores, que de um modo estratégico permite à empresa alcançar os objectivos e as metas definidas.

Quando uma organização não possui um sistema de informação que auxilie na tomada de decisões, estas são baseadas em opiniões e experiências individuais. Se existir um sistema de apoio à decisão, as informações vão sendo incorporadas nos dados históricos possibilitando melhores condições para as tomada de decisões. Por exemplo, se estiverem a ser feitas por um utilizador, sem recorrer a este tipo de sistemas, a sua possível saída trará um grande impacto negativo para a organização. Segundo um estudo feito em [42], em vários momentos da nossa vida somos confrontados com problemas que nos obrigam a tomar decisões, as quais acabam por surgir de modo informal. No caso de organizações onde as situações são bastante complexas, as decisões têm que ser explicadas e justificadas e deve haver um procedimento formal para, assim, haver uma maior consistência no processo global.

São vários os tipos de problemas que um sistema de apoio à decisão ajuda a resolver tais como a **Escolha** da melhor alternativa ou a **Ordenação** de um conjunto de alternativas. Como mostramos no capítulo 3, existe no *Site Web* a página de Endogamia, na qual o criador tem à sua disposição duas maneiras diferentes para escolher os reprodutores. Uma das maneiras consiste na escolha, pelo utilizador, de uma fêmea e vários machos e no recurso ao sistema de apoio à decisão. Assim, a resposta obtida é o melhor macho para a fêmea escolhida, tendo em conta as alternativas e os critérios de avaliação. A outra maneira consiste na escolha de várias fêmeas e vários machos. Neste caso, o processo é equivalente ao anterior, sendo efectuados os cálculos individualmente para cada fêmea e atribuindo a cada uma delas o melhor macho.

Podemos definir decisão como sendo uma escolha entre alternativas. As alternativas podem ser representadas como um conjunto de trajectos possíveis para chegarmos a um destino e, no caso do nosso trabalho, o grupo de machos seleccionados pelo utilizador. Para cada alternativa temos de verificar a viabilidade das alternativas, colocando de parte aquelas que não "respeitam" as restrições impostas. Por exemplo, na procura de uma casa, uma das restrições será o valor. Descartamos todas as casas

Tabela 4.1: Animais disponíveis para inseminação artificial.

Critérios	M1	M2	M3	M4	M5
Preço	2,1	3,0	2,0	7,5	3,5
Coeficiente de Endogamia	0,002	0,32	0,2	0	0,39
Variabilidade Genética	256,30	439,10	328,50	600,29	420,20

que ultrapassem esse valor. Para este sistema foram definidos três tipos de restrições: Preço, Coeficiente de Endogamia e Variabilidade Genética. Antes da escolha dos animais o utilizador escolhe as restrições (figura 4.11) e é-lhe devolvida a lista de animais que respeitam essas restrições. Quando se trata de um problema de decisão,

Figura 4.11: Página que permite definir as restrições.

onde a escolha assenta num só critério, a solução seria trivial. No caso da tabela 4.1 se fosse considerado apenas o coeficiente de endogamia a escolha recairia sobre M4.

A dificuldade destes problemas surge quando são tidos em conta vários critérios. Neste caso, habitualmente, é difícil encontrara uma alternativa que seja melhor que as outras em todos os critérios simultaneamente. Neste tipo de problemas, denominados, problemas multicritério, é necessária e imprescindível a intervenção do Agente Decisor, que será directamente responsável pela decisão final, resultado da combinação das suas preferências relativamente aos valores das alternativas. Daqui, conclui-se também que para um problema multicritério não surge uma solução óptima, mas sim uma solução preferida que diverge entre diferentes agentes de decisão.

Outro ponto importante, que se deve ter em conta antes de se iniciarem os cálculos para encontrar a solução preferida, é verificar a existência de alternativas dominadas. Uma alternativa A diz-se dominada se existir uma outra alternativa B melhor que A em todos os critérios. Na tabela 1 a alternativa M5 é dominada por M2, podendo M5 ser ignorada para os cálculos, uma vez que esta nunca será escolhida no problema de solução preferida.

Passando à parte prática de cálculo para a escolha de uma alternativa em problemas multicritério, é necessário recorrer à função valor, representada pela seguinte fórmula:

$$V(A) = K_1.v_1(a_1) + K_2.v_2(a_2) + \dots + K_m.v_m(a_m),$$

onde $v_i(a_i)$ são as funções de valor individuais e k_i os pesos.

Na tabela 1 podemos verificar que cada critério é avaliado em escalas diferentes, não sendo, portanto, comparáveis o que obriga a normalizar para uma mesma escala. A normalização é feita recorrendo às 2 seguintes fórmulas, havendo uma mudança de escala onde os valores se passam a encontrar no intervalo [0 1].

- **Critérios a maximizar** (a escolha recairia sobre o maior valor):

$$V_i = \frac{i - MIN}{MAX - MIN};$$

- **Critérios a minimizar** (a escolha recairia sobre o menor valor):

$$V_i = \frac{MAX - i}{MAX - MIN}.$$

MAX e MIN, são respectivamente os valores Máximo e Mínimo que cada critério pode ter. Sabendo que os valores MAX e MIN possíveis são:

- Preço: MIN=0 e MAX=60;
- Coeficiente de Endogamia: MIN=0 e MAX=0,375;
- Valor Genético: MIN=-3200 e MAX=3100;

e aplicando as fórmulas seguintes obtemos como resultado os valores apresentados representado na Tabela 4.2:

$$V_{(preco)} = \frac{2,1-0}{60-0} \Leftrightarrow V_{(preco)}=0,965;$$

$$V_{(c.endo)} = \frac{0,002-0}{0,375-0} \Leftrightarrow V_{(c.endo)}=0,99;$$

$$V_{(v.gene)} = \frac{2,1256,30-(-3200)}{3100-(-3200)} \Leftrightarrow V_{(v.gene)}=0,54;$$

Para completar a função valor é necessário, agora conhecer os pesos atribuídos a cada critério. Vários estudos dizem que a melhor maneira de encontrar os valores dos pesos a atribuir a cada critérios é através da indiferença ou função utilidade. Estes métodos

Tabela 4.2: Valores dos critérios dos animais normalizados.

Crítérios	M1	M2	M3	M4
Preço	0,965	0,95	0,96	0,87
Coefficiente de Endogamia	0,99	0,91	0,46	1
Variabilidade Genética	0,54	0,57	0,56	0,59

Tabela 4.3: Resultados obtidos da aplicação da função valor.

Crítérios	M1	M2	M3	M4
Preço	0,965	0,95	0,96	0,87
Coefficiente de Endogamia	0,99	0,91	0,46	1
Variabilidade Genética	0,54	0,57	0,56	0,59
	0,76	0,75	0,69	0,74

são baseados nas indiferenças do Agente Decisor ou nos valores que o Agente está disposto a perder para conseguir outro. No caso deste trabalho foram respeitadas algumas regras, existentes nas estruturas, que se deve ter em conta. O valor genético deve ter um peso bastante mais elevado uma vez que é esta característica que define o valor comercial do animal e os seus valores podem subir e descer bastante rapidamente. Em relação ao coeficiente de endogamia, como se trata de um intervalo pequeno foi atribuído um menor peso.

- Preço - 0,35;
- Coeficiente de Endogamia - 0,15;
- Variabilidade Genética - 0,50.

Aplicando, agora, a função valor já com todos os valores necessários obtemos a tabela 4.3.

O melhor animal será aquele que tiver maior valor. Para os animais representados no quadro, a escolha iria para o animal M1, apesar dos animais M2 e M3 estarem próximos. É encontrado assim, através deste método de Apoio à Decisão, o melhor animal com base nos valores de cada um, com as alternativas bem definidas e avaliadas.

4.3 Algoritmo para o cálculo do coeficiente de endogamia

Para implementar este algoritmo usámos a linguagem C. Antes ainda fizemos alguns testes com outras linguagens como Python, C++ e Perl mas concluímos que para atingir o objectivo pretendido, a linguagem C apesar de não ser a mais fácil de usar é a que gasta menos tempo na execução, aspecto bastante importante, uma vez que o conjunto de dados a trabalhar era bastante extenso. O código implementado foi baseado no algoritmo de Meuwissen e Lou, já explicado na secção 2.1.2.

O processo de cálculo tem início na leitura do ficheiro (figura 4.12) com aproximadamente 1.200.000 linhas, constituído por 5 colunas:

- Snirb (identificação do animal);
- Snirb Pai (identificação do pai do animal; se não existir é zero);
- Snirb Mãe (identificação da mãe do animal; se não existir é zero);
- Sexo;
- Data de Nascimento;

País	Snirb	Snirb Pai	Snirb Mãe	Sexo
AT	661340297	AT 502386197	AT 483792297	M19830615
AT	869129311	CAN5335690	AT 199761526	M19980201
AT	A00008924	USA2070579	AT 567418	M19940830
AUS	10062	NL 775328514	NL 832125995	M19960815
AUS	758053	NL 96025066	NL 845827686	M19951220
AUS	773354	NL 460508522	NL 774031248	M19960329
AUS	784993	USA2103297	USA14751863	M19960725
AUS	848477	NL 780180664	NL 835809528	M19970612
AUS	849945	NL 780180664	NL 787450122	M19970715
AUS	930377	CAN5457798	USA15804313	M19980331
BE	0160498563	0	0	F19971020
BE	0160498564	0	0	F19971110
BE	016422991	FR 4493050102	BE 97111183117	M19990812
BE	016449026	0	0	F19990504
BE	0216323117	0	0	F19980702
BE	0360498562	0	0	F19970210
BE	0560498561	0	0	F19971111
BE	070954320	0	0	F19981201
BE	070954348	CAN5319769	BE 970593477	F19990310
BE	070954351	0	0	F19990328
BE	086108718	0	0	F19971215
BE	086108721	0	0	F19980110
BE	111407256	USA1983348	NL 980410862	M19910205
BE	115468055	USA2041332	BE 113300115	M19940918
BE	116388803	0	0	F19991012
BE	116422482	0	0	F19990826

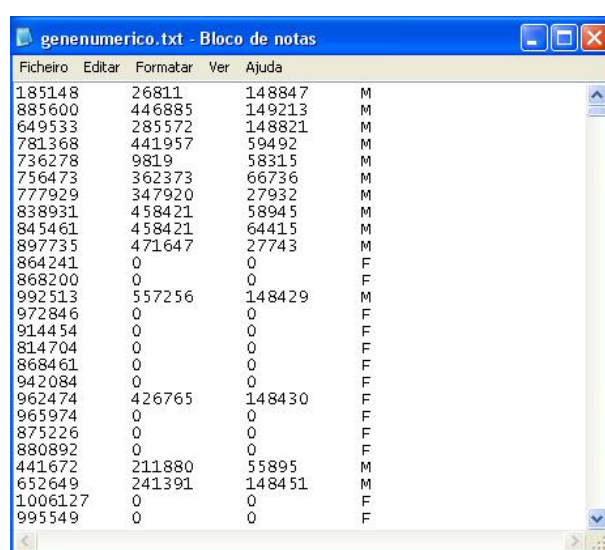
Figura 4.12: Ficheiro gene.txt.

O método usado pode ser explicado sucintamente em três passos:

1. A partir do ficheiro inicial constituído com Snirbs alfanuméricos, foi construído um ficheiro exactamente igual com Snirbs numéricos (figura 4.13);

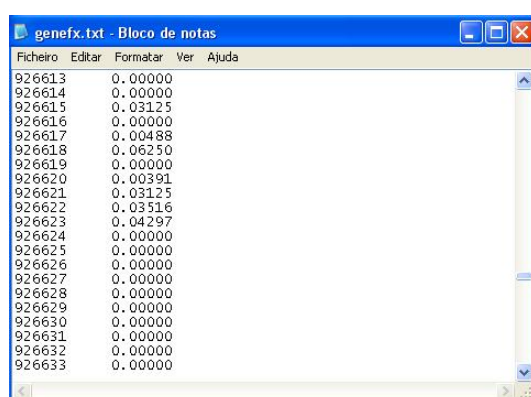
2. O ficheiro de Snirbs numéricos foi ordenado por ordem decrescente de acordo com a data de nascimento do animal;
3. Foi lido o ficheiro linha a linha e para cada uma foi executado a função *calculafx()*, de forma a calcular para todos os animais o valor do coeficiente de endogamia.

O processo usado para obter o ficheiro referido na alínea 1) foi construir uma árvore (Apêndice A) de inserção de animais de forma ordenada e sem repetidos. A leitura do ficheiro inicial é feita linha a linha e para cada animal é chamada a função de inserção na árvore, que verifica se ele já existe. Se já existir, retorna a árvore actual, caso contrário coloca no sítio correcto fazendo comparação com a data de nascimento.



Ficheiro	Editar	Formatar	Ver	Ajuda
185148	26811	148847	M	
885600	446885	149213	M	
649533	285572	148821	M	
781368	441957	59492	M	
736278	9819	58315	M	
756473	362373	66736	M	
777929	347920	27932	M	
838931	458421	58945	M	
845461	458421	64415	M	
897735	471647	27743	M	
864241	0	0	F	
868200	0	0	F	
992513	557256	148429	M	
972846	0	0	F	
914454	0	0	F	
814704	0	0	F	
868461	0	0	F	
942084	0	0	F	
962474	426765	148430	F	
965974	0	0	F	
875226	0	0	F	
880892	0	0	F	
441672	211880	55895	M	
652649	241391	148451	M	
1006127	0	0	F	
995549	0	0	F	

Figura 4.13: Ficheiro genenumerico.txt.



Ficheiro	Editar	Formatar	Ver	Ajuda
926613	0.00000			
926614	0.00000			
926615	0.03125			
926616	0.00000			
926617	0.00488			
926618	0.06250			
926619	0.00000			
926620	0.00391			
926621	0.03125			
926622	0.03516			
926623	0.04297			
926624	0.00000			
926625	0.00000			
926626	0.00000			
926627	0.00000			
926628	0.00000			
926629	0.00000			
926630	0.00000			
926631	0.00000			
926632	0.00000			
926633	0.00000			

Figura 4.14: Ficheiro genefx.txt.

O processo de ordenação feito na alínea 2) facilita o processo de cálculo do coeficiente de endogamia, uma vez que, sabendo que os primeiros animais não têm pai e mãe

conhecidos (são considerados a população base) não é necessário fazer a chamada à função *calculafx()*.

A função *calculafx()* é uma função que recebe como argumentos o Snirb do animal para o qual se pretende calcular o coeficiente de endogamia e uma árvore que contém todos os animais do ficheiro inicial e os respectivos pais. De uma forma recursiva procurasse na árvore todos os animais que estão directa ou indirectamente ligados ao animal e calculasse o coeficiente de endogamia desse animal com base no coeficiente de endogamia dos ancestrais encontrados que foram calculados previamente. São aproximadamente 150 mil os animais considerados população base o que significa que têm o valor zero no coeficiente de endogamia. Para os restantes animais é executada a função (Apêndice B) que para cada animal dá o valor respectivo tendo em conta os valores de todos os seus ascendentes e no fim temos então o ficheiro final *genefx.text* (figura 4.14). Toda esta informação é colocada na base de dados na tabela Endogamia, o que permitirá aos utilizadores do *Site* a consulta dos valores dos animais e aplicação do sistema de apoio à decisão (Apêndice C).

4.4 Usabilidade e teste de avaliação

Na actualidade, a usabilidade é uma característica cada vez mais desejada por todos os utilizadores cibernautas. Segundo Jakob Nielsen [35], "não é o que pensa do seu *Site* que conta, mas sim o que os utilizadores pensam dele". É por esta razão que a usabilidade tem vindo a ser considerada como um factor de sucesso/insucesso dos *Sites*.

Quando pretendemos avaliar um *Site Web* devemos considerar alguns critérios:

- **Informação:** as páginas são claras, sendo fácil compreender a finalidade e os objectivos da informação apresentada?
- **Imagem:** os conteúdos estão bem distribuídos nas páginas, apresentados de forma agradável e harmoniosa? O tipo de texto e cores usados favorecem ou prejudicam a leitura do *Site*?
- **Utilidade:** o *Site Web* criado tem interesse para os utilizadores? Para que tipo de utilizadores terá mais interesse?
- **Usabilidade:** o carregamento das páginas é feito de forma rápida ou demoram algum tempo? As hiper ligações são fáceis de reconhecer?

Um *Site* tem cerca de 10 a 15 segundos para convencer um utilizador, por isso todos os elementos da página têm de ser avaliados e medidos em termos de impacto. A

usabilidade considera basicamente 3 aspectos: facilidade de aprendizagem, facilidade de utilização e satisfação no uso do sistema pelo utilizador [43].

Nielsen [44] enumerou cinco parâmetros para medir a usabilidade:

Agradável de usar: o utilizador gosta de navegar no *Site*;

Eficiente: após o momento de aprendizagem encontra facilmente o que precisa;

Fácil de aprender: aprende rapidamente a interagir com o sistema, apreendendo as opções de navegação e da funcionalidade dos botões e links;

Fácil de lembrar: tem facilidade em lembrar-se da funcionalidade do *Site* mesmo sendo usado ocasionalmente;

Pouco sujeito a enganos: os enganos são facilmente corrigidos e não se repetem.

Dada a sua importância, é então necessária uma avaliação sobre a usabilidade. Um teste de usabilidade mede, quantifica a usabilidade do *Site*. O tempo para completar uma tarefa, o número de enganos por tarefa, o número de enganos por minuto, o número de utilizadores a cometer o mesmo erro são o tipo de coisas que são medidas nesses testes.

São várias as técnicas de análise que existem para testar a usabilidade consoante o utilizador [45]:

- Teste exploratório (Quick and Dirty): trata-se de um teste simples e que pode ser feito ao longo das várias etapas do desenvolvimento do produto. Este teste é realizado sem uma noção preconcebida de onde possam surgir os problemas, e tem em vista examinar o sistema, áreas confusas ou erros e demoras para o utilizador.
- Escolha de Cartões (Card Sorting): Tal como o nome indica, este teste apresenta aos participantes um conjunto de cartões, cada um identificado de forma a representar uma página, e é-lhes pedido que as agrupem da melhor forma para eles. Pode-se aplicar esta técnica a grupos ou indivíduos, na fase de projecto do *Site Web*.
- Entrevista: esta técnica usa uma série de perguntas preparadas pelo entrevistador, não sendo conduzida de forma muito rígida e pode ter como resultado um maior conhecimento das necessidades e expectativas dos utilizadores.
- Teste de Usabilidade: é considerado o teste mais complexo e dispendioso sendo que ao mesmo tempo a mais compensadora das técnicas de análise. Consiste num planeamento muito bem detalhado a ser feito em laboratórios de usabilidade, com equipamentos de áudio e vídeo e salas de observação.

- Pensar em voz alta (Think Aloud): esta técnica destina-se a captar as reacções do utilizador ao longo do teste. O utilizador vai exprimindo os seus pensamentos em voz alta, para cada acção que realize, o que permite obter uma noção mais detalhada da sua confusão, frustração ou aprovação.
- Questionário pós-teste: também conhecido como questionário de satisfação. A sua função é permitir clarificar e compreender as forças e fraquezas do produto desenvolvido. O questionário deverá ser realizado logo após os participantes terminarem o teste, para que evoquem mais facilmente as suas memórias e sensações. Para um melhor preenchimento as questões devem ser colocadas de modo fechado, ou seja, com respostas sim não, escalas, verdadeiros e falsos. Esta técnica facilita, a resposta ao questionário no caso dos participantes com competências de escrita reduzidas.

Considerámos que o melhor método para se fazer uma avaliação ao nosso *Site Web* é questionário pós-teste. Para além do facto de ser uma dos mais acessíveis para pessoas que possam ter reduzidas competências de escrita, que poderá ser o caso de alguns dos nossos possíveis utilizadores, também é, na nossa opinião, o que melhor expõe o grau de satisfação do utilizador, sendo também de fácil realização.

Questionário de Satisfação

Os públicos-alvo deste trabalho são os criadores e os Técnicos Superiores de Produção Animal das diferentes associações. Os utilizadores deste projecto possuem experiências de vida e habilitações literárias bastante diversificadas, o que obrigou à construção de um *Site Web* simples e pouco complexo, adequado às expectativas dos utilizadores. Para conseguirmos o aperfeiçoamento do *Site*, para avaliarmos o impacto da *interface*, o seu desempenho global e as opções por nós feitas, decidimos ouvir as opiniões dos criadores e dos técnicos superiores através da realização de um questionário de satisfação. A partir da análise das respostas dadas ao questionário seria mais fácil avaliarmos os pontos fortes do sistema desenvolvido, bem como as suas limitações.

O formulário (Apêndice D) abrange questões relativas à funcionalidade do sistema: *interface* e navegabilidade. É composto por treze questões de escolha múltipla e por uma questão aberta para sugestões e comentários. No inquérito são também questionadas em relação à profissão, idade, habilitações literárias, perfil de utilização de Internet e a satisfação no uso da aplicação.

O questionário foi feito a um universo de dez pessoas, cinco criadores e cinco técnicos superiores. Dos resultados obtidos no que diz respeito ao perfil de utilização de Internet, 20% das pessoas utiliza-a há pelo menos 3 anos e os restantes 80% há mais de 5 anos, como se pode verificar no gráfico 4.15.

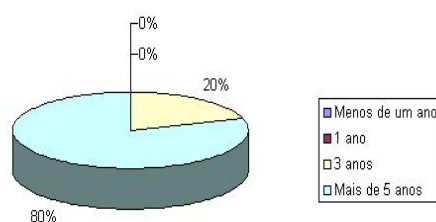


Figura 4.15: Gráfico relativo à questão: Há quanto tempo utiliza a Internet?

No que se refere à frequência de utilização da Internet, 20% dos inquiridos admite usá-la raramente, outros 20% recorrem a ela com alguma frequência e os 60% restantes com muita frequência, como se constata no gráfico 4.16.

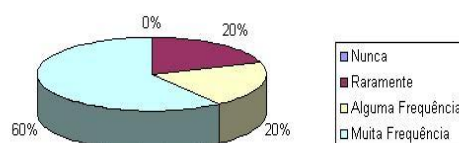


Figura 4.16: Gráfico relativo à questão: Com que frequência utiliza a Internet?

Através do gráfico, verificamos que 40% dos utilizadores acede à Internet através de Casa e 60% no Trabalho.

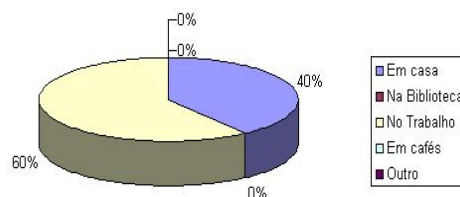


Figura 4.17: Gráfico relativo à questão: Em que local mais utiliza a Internet?

Ao contrário do que seria expectável, a grande maioria dos utilizadores já usa a Internet há algum tempo e com alguma frequência nos seus locais de trabalho e em suas casas.

Aceder a este *Site Web* não será, portanto, um processo complicado nem um entrave para o nosso público-alvo.

As duas questões seguintes, diziam respeito ao tema principal do trabalho desenvolvido; a endogamia e as suas consequências. A primeira inquiria os utilizadores se conheciam algum programa deste género. Pergunta à qual a grande maioria, 80%, respondeu que não e apenas 20% respondeu sim (gráfico 4.18).

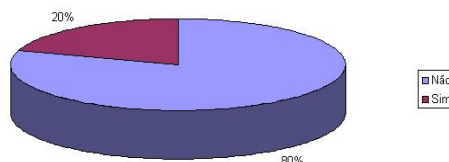


Figura 4.18: Gráfico relativo à questão: Tem conhecimento de algum(s) programa(s) deste género?

Em relação à pergunta que nos permite analisar os conhecimentos sobre endogamia e suas consequências, 80% considera que os seus conhecimentos são razoáveis (20%), bons (50%) ou muito bons (10%) e apenas 20% classifica os seus conhecimentos de medíocres. Nenhum dos inquiridos achou que os seus conhecimentos fossem maus (gráfico 4.19).

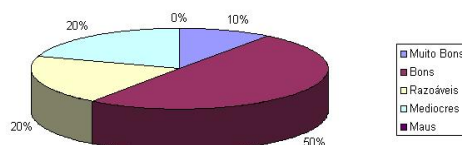


Figura 4.19: Gráfico relativo à questão: Quais os seus conhecimentos sobre endogamia e suas consequências?

Destas duas questões, percebemos que a maioria das pessoas dá grande importância ao tema endogamia e às suas consequências. Todos os utilizadores sabem quais as vantagens e desvantagens da endogamia no acasalamento dos seus animais, e percebem o quanto é importante saber previamente os valores dos possíveis descendentes.

Dado que a grande maioria respondeu que não conhecia programas do género daquele que desenvolvemos e considerando a importância atribuída à existência de um programa informático que ajudasse na melhoria das características produtivas e reprodutivas do animal, ainda sentimos uma maior responsabilidade no desenvolvimentos

deste trabalho.

A questão 6 incluía um conjunto de alíneas sobre a avaliação do *Site Web*. Esta poderia ser feita numa escala em que a afirmação *Concordo Plenamente* correspondia à melhor apreciação possível, e a *Discordo Plenamente* à pior. As respostas dadas às diferentes questões podem ser analisadas no gráfico da figura 4.20. No que diz respeito às perguntas sobre a organização das páginas e o aspecto, 90% concorda plenamente com a afirmação que o *Site* é convidativo e agradável e 10% responderam concordo. 80% dos inquirido concorda com a organização actual das páginas e 20% concorda plenamente. Em relação à navegação do *Site* e ao processo de procura de informação, 10% considera que não foi fácil encontrar a informação, já os outros 90% consideram que foi fácil. Em relação ao carregamento das páginas não houve tanta unanimidade já que em relação à afirmação: O carregamento das páginas foi rápido 10% responderam discordo, 30% indiferente, 60% concorda ou concordo plenamente. Para terminar analisamos a última alínea desta questão que se trata de uma das perguntas mais importantes do inquérito, uma vez que responde um pouco ao nosso objectivo inicial: tentar perceber se a construção deste *Site Web* poderá ajudar os criadores ou os técnicos a escolherem o melhor reprodutor e assim aumentarem os valores genéticos e diminuir os coeficientes de endogamia das gerações futuras. Saliente-se, portanto, que 90% dos inquiridos concorda plenamente e 10% concorda, é ninguém tenha mostrado indiferença ou discordância relativamente a esta questão.

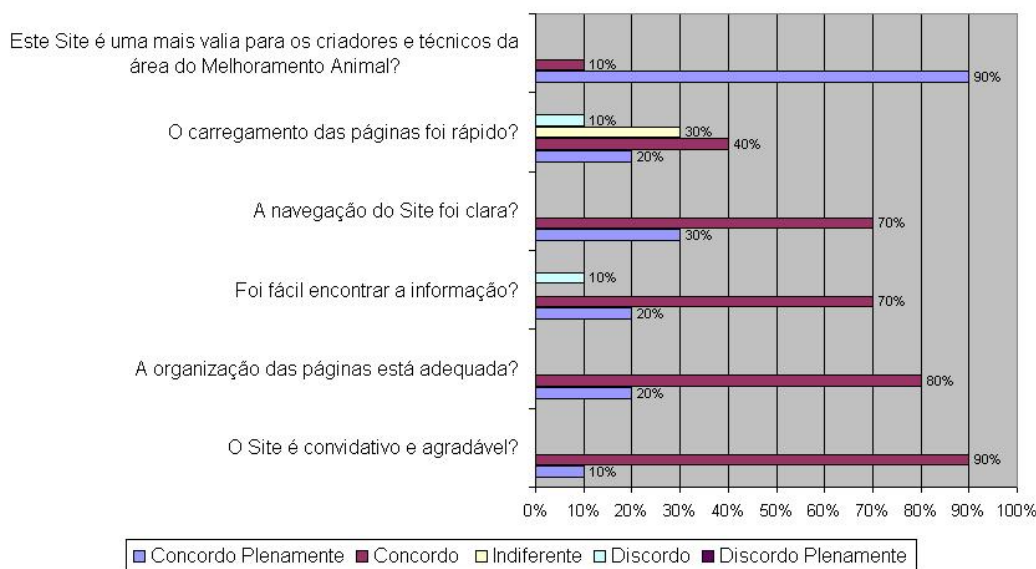


Figura 4.20: Gráfico da questão: Como classifica o *Site* em relação às seguintes características?

Da análise do gráfico 4.21, concluímos que a maioria dos utilizadores considera o *Site* Bom (50%) ou Muito Bom (50%). Consideram também que se trata de uma

ferramenta bastante útil para ajudarem a melhorar os valores genéticos e coeficientes de endogamia da população de animais da raça Frísia.

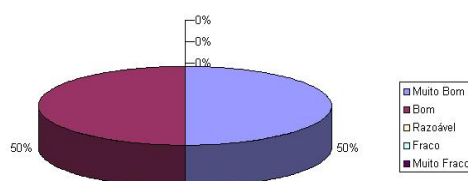


Figura 4.21: Gráfico da questão: Qual a avaliação geral que faz deste *Site*?

Em relação à questão que perguntava aos inquiridos se recomendariam este *Site* a um amigo, todos foram unânimes em relação à resposta, afirmando que sim. Quanto a sugestões, críticas e observações foram feitos três registos, a saber:

- para facilitar a selecção do animal colocar, para além do snirb, o nome;
- para tornar o processo do cálculo do coeficiente de endogamia mais fácil dar um maior destaque a essa página;
- uma sugestão para a inclusão de um botão que permitisse a selecção de todos os animais, para que no caso de uma grande quantidade de animais disponíveis a selecção fosse facilitada.

Dada a pertinência destas sugestões iremos tê-las em conta no trabalho futuro a desenvolver.

Analisando de uma forma transversal os inquéritos podemos concluir que o *Site* agradou a todos os inquiridos, uma vez que as respostas foram bastante positivas. Saliente-se que os inquiridos foram claros no que respeita à necessidade da existência de programas deste género, sendo este um aspecto animador para a importância atribuída ao tema deste trabalho e à sua utilidade.

É de ressaltar, porém, o facto de que devido ao limite de tempo e os condicionais inerentes a um estudo deste tipo, apenas conseguimos chegar a um universo reduzido de utilizadores. Se tivéssemos conseguido atingir um maior número de utilizadores poderíamos obter pistas mais seguras para a evolução do projecto.

Capítulo 5

Conclusão

O facto de trabalharmos directamente com a base de dados nacional de gado bovino da raça Frísia permitiu-nos analisar as suas diversas aplicações, bem como identificar as necessidades dos utilizadores. Assim sendo, constatámos a ausência de um programa que permitisse calcular o coeficiente de endogamia, e, assim, fomentar o desenvolvimento das potencialidades destes animais.

Antes de iniciarmos e consolidarmos o presente projecto, estávamos perfeitamente conscientes dos obstáculos com os quais nos poderíamos deparar no decorrer do trabalho. Porém, depois de analisarmos todas as limitações e potencialidades, considerámos importante desenvolver um sistema que permitisse calcular os coeficientes de endogamia dos animais existentes e dos respectivos ascendentes, bem como prever o mesmo coeficiente de possíveis descendentes, de modo a minimizá-los. A leitura e análise aprofundada da literatura científica na área da melhoramento genético animal, permitiu-nos constatar a necessidade da construção de programas informáticos de emparelhamento que identificassem os touros disponíveis para inseminação e, assim, minimizar os níveis de endogamia e o valor genético de descendência futura.

Para empreender este projecto foram necessários conhecimentos diversos em duas áreas do saber: na área de melhoramento genético animal, a respeito da qual não tínhamos qualquer formação; e na área de programação tanto de algoritmia como das interfaces e conceitos de *Web Design*. Constituindo a parte da *Web Design* a fronteira entre o programador e o utilizador, esta mereceu especial atenção para desenvolvermos um produto com elevado grau de qualidade.

Para além do coeficiente de endogamia, deparámo-nos com a necessidade de conjugar os valores genéticos dos animais, visto que o seu aumento provocava uma depressão endogâmica no leite e nos seus componentes tais como: na gordura e na proteína. Surgiu então a ideia de construir um sistema de apoio à decisão que permita ao utilizador escolher o melhor reprodutor, tendo em conta o seu coeficiente de endogamia,

valor genético e o preço (alternativa também importante na economia).

Tornou-se necessário definir objectivos e especificar utilizadores. Para assegurarmos uma resposta eficaz a estes potenciais utilizadores, foi necessário analisar a forma como estes usam a informação, assegurar que as questões por eles feitas seriam respondidas ao longo da navegação, criando simultaneamente padrões consistentes, tanto em funcionalidade como em matéria de design.

Foi analisado qual o design mais apropriado para um *Site Web*, nomeadamente: a forma como devem estar expostos os conteúdos, como deve ser escrito o texto, os tipos de cores e de letras que proporcionem uma leitura agradável ao utilizador. Analisámos também o tempo de carregamento que uma página deve ter, que dependendo do tamanho dos ficheiros, assim como da velocidade de ligação ao utilizador, concluindo que nunca deverá exceder os 10 segundos.

Foram seguidamente escolhidas o tipo de arquitectura a implementar para o *Site*, as ferramentas usadas para desenvolver o lado do cliente, o lado do servidor e a construção da base de dados. A arquitectura implementada foi a Cliente Servidor baseada em três camadas tendo-se optado por um servidor Apache e uma Base de Dados MySQL. Relativamente à linguagem utilizada, escolhemos o PHP.

O sistema de apoio à decisão foi apresentado, de forma a tornar perceptível o processo de escolha do melhor reprodutor para a próxima geração através da junção dos três critérios: valor genético, coeficiente de endogamia e preço. Finalmente, explanámos resumidamente o algoritmo desenvolvido em linguagem C que calcula, de forma eficiente, o coeficiente de endogamia para todas as gerações.

Com a implementação deste *Site*, verificamos que é, de facto, importante a fase de planeamento antes da criação propriamente dita. É necessário que os técnicos, sempre que pensem em desenhar e implementar um *Site*, seja para que fim for, conheçam bem todas as ferramentas disponíveis e a melhor forma de aplicá-las, seguindo todas as fases de forma correcta. Só assim é possível criar um *Site* para o qual o utilizador volta porque reconhece não só a sua funcionalidade mas também a sua usabilidade. Imagens apelativas, ecrãs não muito confusos e eficazes são pontos essenciais para que um utilizador volte a visitar um *Site*.

Desde o início do projecto pretendíamos a criação de um *Site* que tivesse utilidade prática, o mais completo e complexo possível. Naturalmente, ao longo do tempo foram sendo criadas novas necessidades e surgindo alterações que permitiram uma aplicação informática mais eficaz. No fim, a avaliação que fizemos foi que a grande maioria dos potenciais utilizadores não conhecia programas deste género e que considera o trabalho desenvolvido uma mais valia para a melhoria do progresso genético.

No futuro, pensamos que poderá ser interessante efectuar as seguintes modificações:

- aumentar o número de alternativas no que diz respeito ao sistema de apoio à decisão. Neste momento são três: preço, variabilidade genética do leite e coeficiente de endogamia. Aachamos também importante inserir a variabilidade genética da gordura e da proteína que também sofrem uma depressão aquando do aumento da endogamia.
- permitir a cada utilizador atribuir, ele próprio, os pesos para o sistema de apoio à decisão. Este ponto é especialmente importante para os Técnicos que pretendem, numa determinada estrutura, dar mais importância a um aspecto do que a outro, de acordo com os índices atribuídos pelas suas Associações.
- outro aspecto importante refere-se às características associadas ao "*fitness*" do animal. Para além do leite o gado bovino tem outra particularidade que é importante para a economia dos seus criadores. Estes animais estão constantemente em concursos a ser avaliados em relação às suas características, como por exemplo: comprimento, estatura, mobilidade, peito, pernas, pés, úbere, garupa, entre outros. Integrar uma ferramenta que permita prever as características morfológicas da descendência futura é, portanto, um aspecto de elevada importância, uma vez que se trata de um critério bastante relevante para os criadores. Com base nos pesos económicos de cada uma das suas características seria útil criar um índice que avalie o animal e que esse valor possa também, ser tido em conta no sistema de apoio à decisão.

A próxima etapa deste trabalho será a automatização dos registos dos utilizadores, uma vez que, neste momento, este processo está a ser feito manualmente. Ao mesmo tempo, é necessário melhorar a página F.A.Q. que contém as perguntas mais frequentes, de forma a ajudar e esclarecer de uma forma mais eficaz as dúvidas do utilizador. Um aspecto muito importante que deve ser melhorado refere-se à acessibilidade. Pessoas com limitações motoras ou psicológicas não devem ser impedidas de poder trabalhar; logo, é essencial considerar futuramente a adopção de novas ferramentas que permitam uma mais eficaz e alargada utilização. Por exemplo, seria imprescindível tornar o *Site* acessível a estrangeiros.

Apesar das respostas positivas obtidas relativamente ao desempenho do *Site* e das necessidades que os criadores e técnicos de melhoramento animal tinham de um software com estas características, consideramos que a amostra é muito pouco significativa. Defendemos, portanto, que deverá ser feita uma análise mais rigorosa que envolva um número mais significativo de pessoas interessadas neste projecto.

Finalmente, e porque os utilizadores da amostra considerada pensam ser importante o desenvolvimento deste tipo de aplicações, pensamos ser fundamental criar um fórum que lhes acrescente informação e conhecimento. Ao mesmo tempo que decorre a implementação destas ferramentas, é crucial realizar uma constante manutenção do

Site de forma a responder às necessidades dos utilizadores. Efectivar esta manutenção exige uma análise permanente dos conteúdos, gerir a interactividade e identificar as novas tecnologias que surgem no mercado.

Apesar do projecto ter ainda algumas potencialidades por explorar, consideramos que os objectivos gerais a que nos propusemos foram atingidos. O resultado deste esforço é o trabalho aqui apresentado, que esperamos possa constituir um pequeno, mas eficaz, contributo para a melhoria da Reprodução e Produção Animal em Portugal.

Referências

- [1] Tom Wilson. The nature of information management. Acetatos apresentados na disciplina de Gestão de Informação do Mestrado de Gestão de Informação da FEUP, em 2004.
- [2] Andrew G. Clark e Daniel L. Hartl. *Principles of Population Genetics*. Sinauer Associates, Inc., 3th edition, 1997.
- [3] Gouveia L.B. Ribeiro, N.M. Proposta de um modelo de referência para as tecnologias multimédia. In *Revista da Faculdade de Ciência e Tecnologia*, 2004.
- [4] A importância da qualidade do leite e seus derivados, seus benefícios e riscos para o consumidor. *Pecuária Orgânica*, 2004 [citado 28-12-2006]. Available from <http://www.planetaorganico.com.br/leit1.html>.
- [5] Revista da Associação Portuguesa dos Criadores de Raça Frísia. In *Vaca Leiteira*, number 81, 2001.
- [6] A. Martins A. Ferreira S. Pinto J. Carvalheira J., Vasconcelos. Níveis de endogamia e depressão de endogamia no gado bovino leiteiro em portugal. In *Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias*, pages 33–38, 2005.
- [7] F.E. Madalena L.A. Josahkian A.E. Vercesi Filho, F.J. Carvalho Faria. Estrutura populacional do rebanho indubrasil registrado no brasil. In *Arch. Latinoam. Prod. Anim.*, pages 10(2): 86–92, 2002.
- [8] N. Lanzoni S. Queiroz, L. Albuquerque. Efeito da endogamia sobre características de crescimento de bovinos da raça gir no brasil. In *Revista Brasileira Zootecnia*, number 29, pages 1014–1019, 2000.
- [9] Trudy F. C. Mackay D. S. Falconer. *Introduction to Quantitative Genetics*. Pearson, 4th edition, 1996.
- [10] H. Ribeiro M. Borges, G. Borges. Estratégia para restrição da consanguinidade e maximização dos ganhos genéticos. In *Progenie Tecnologia em Melhoramento Animal*, pages 2017–2025, 2004.

- [11] C. Pereira R. Torres P. Carneiro J. Sarmiento R. Filho A. Moita F. Breda, R. Euclydes. Endogamia e limite de selecção em populações seleccionadas obtidas por simulação. In *Revista Brasileira Zootecnia*, pages 2017–2025, 2004.
- [12] William Koury Filho. Mitos e realidades sobre consanguinidade ou endogamia. [citado 02-01-2007]. Available from <http://www.campolina.org.br/ceterc/Downloads/endogamia.pdf>.
- [13] H. Allen Tucker Robert D. Appleman Donald L. Bath, Frank N. Dickinson. *Dairy Cattle: Principles, Practices, Problems, Profits*. Lea e Febiger, 2nd edition, 1978.
- [14] P. VanRaden G. Wiggans. Calculation and use of inbreeding coefficients for genetic evaluation of united states dairy cattle. In *J. Dairy Sci.*, number 78, pages 1584–1590, 1995.
- [15] R. Pearson L. Smith, B. Cassell. The effects of inbreeding on the lifetime performance of dairy cattle. In *J. Dairy Sci.*, number 81, pages 2729–2737, 1998.
- [16] N. Hammerschmidt J. Thompson, R. Everett. Effects of inbreeding on production and survival in holsteins. In *J. Dairy Sci.*, number 83, pages 1856–1864, 2000.
- [17] S. Lin K. Weigel. Use of computerized mate selection programs to control inbreeding of holstein and jersey cattle in the next generation. In *J. Dairy Sci.*, number 83, pages 822–828, 2000.
- [18] E. A. Branford Oltenacu L. Dale Van Vleck, E. John Pollak. *Genetics for the Animal Sciences*. W.H. Freeman and Company, 1981.
- [19] C.R. Henderson. A simple method for computing the inverse of a numerator relationship matrix used in prediction of breeding values. In *Biometrics*, number 32, pages 69–83, 1976.
- [20] Quaas R.L. Computing the diagonal elements and inverse of a large numerator relationship matrix. In *Biometrics*, number 32, pages 949–953, 1976.
- [21] Bourdon R.M. Golden B.L., Brinks J.S. A performance programmed method for computing inbreeding coefficients from large data sets for use in mixed-model analyses. In *J. Anim. Sci.*, number 69, pages 3564–3573, 1991.
- [22] Tier B. Computing inbreeding coefficients quickly. In *Genet. Sel. Evol.*, number 22, pages 419–430, 1990.
- [23] Luo Z. Meuwissen THE. Computing inbreeding coefficients in large populations. In *Genetics Selection Evolution*, number 24, page 305313, 1992.

- [24] *FSpeed - Fast Calculation of Inbreeding*. World Wide Web, <http://www.tenset.co.uk/fspeed/>.
- [25] *Inbreeding Calculation tool*. World Wide Web, <http://www.ic.arizona.edu/~lansing/SAIL/simtools/CalcInbr/index.htm>.
- [26] *Canadian Dairy Network*. World Wide Web, <http://www.cdn.ca/inbreeding/selectlist.php>.
- [27] *Selecting Mating Service*. World Wide Web, <http://www.selectsires.com/sms.html>.
- [28] Figueiredo B. *Estrutura, concepção e produção de sites Web*. FCA - Editora Informática, 2002.
- [29] B. Shneiderman. *Designing the user interface: strategies for effective human computer interaction*. In *Addison-Wesley*, 1998.
- [30] Laboratório de Utilizabilidade Critérios Ergonômicos. *Gestão de Erros*. World Wide Web, <http://www.labiutil.inf.ufsc.br/CriteriosErgonomicos/LabIUtil2003-Crit/500erros.html#Erros510>, [citado em 10-01-2007].
- [31] *Tudo sobre acessibilidade*. World Wide Web, <http://www.easylogics.com/artigos/acessibilidade>, [citado em 02-04-2007].
- [32] *O Direito ao Acesso*. World Wide Web, <http://www.sinfic.pt/SinficNewsletter/Dossier2.DireitoAcesso.html>, [citado em 10-01-2007].
- [33] D. Sano. *Designing large-scale websites: a visual design methodology*. Wiley, 1996.
- [34] Vitor Manuel Barrigão Gonçalves. *Desenvolvimento de Sistemas de Informação para a Web*. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2002.
- [35] Jakob Nielsen. *Designing web usability: The practice of simplicity*. In *New Riders Publishing, USA*, 2000.
- [36] *Criando Aplicações em 3, 4 ou n Camadas*. World Wide Web, www.juliobattisti.com.br/artigos/ti/ncamadas.asp.
- [37] Maurício Samy Silva. *Css para webdesign*. 2003 [citado 03-02-2007]. Available from <http://www.maujor.com/tutorial/sintaxetut.php>.
- [38] Ricardo Oliveira e Nuno Fernandes. *Apache Instalação, Configuração Gestão Servidores Web*. FCA - Editora Informática, 2006.
- [39] Joaquim Martins e Carlos Serrão. *Php e a World Wide Web*. FCA - Editora Informática.

- [40] Rasmus Lerdorf. *Php Pocket Reference*. O'Reilly, 1st edition edition, 2000.
- [41] Luís Damas. *SQL - Structured Query Language*. FCA - Editora de Informática, 2nd edition, 1999.
- [42] Manuel António Matos. *Metodologias Multicritério*. World Wide Web, <http://paginas.fe.up.pt/~mam/SAD.html>, year = [citado em 02-01-2207],.
- [43] T. Smith, C. e Mayes. *Usability Guide. Telematics Applications for Education and Training*. Cambridge Learning Systems., 1996.
- [44] Jakob Nielsen. Usability 101: Introduction to usability. In *Jakob Nielsen's AlertBox*, 2003 [citado 15-03-2007]. Available from <http://www.useit.com/alertbox/20030825.html>.
- [45] Michael D. Levi Frederick G. Conrad. Usability testing of world wide web sites. In *U.S. Department of Labor, Bureau of Labor Statistics.*, 2002 [citado 15-03-2007]. Available from <http://www.stats.bls.gov/ore/htmpapers/st960150.htm>.

Apêndice A

Função de construção de árvore dos animais

```
//DEFINICAO DAS TRES DIFERENTES ESTRUTURAS DE ARVORES
//estrutura da arvore para construir os filhos com snirb sexo dnasc
typedef struct tree{
    int data;
    char snirb[16];
    char sexo[2];
    char dat[9];
    struct tree *esq;
    struct tree *dir;
}*Tree;

//funcoes que cria no, arvore e imprimem a arvore dos filhos
Tree crianova(
int data,char snirb[16],char sexo[2],char dat[8],Tree esq,Tree dir){
    Tree aux;
    aux=(Tree) malloc(sizeof (struct tree));
    aux->data=data;
    strcpy(aux->snirb,snirb);
    strcpy(aux->sexo,sexo);
    strcpy(aux->dat,dat);
    insert(snirb);
    aux->esq=esq;
    aux->dir=dir;
    return aux;
}
```

```
Tree insereelemento(  
    int data,char snirb[16],char sexo[2],char dat[8],Tree arvoreant){  
    if(arvoreant==NULL){  
        return crianova(data,snirb,sexo,dat,NULL,NULL);  
    }  
    else if(data>=arvoreant->data){  
        arvoreant->dir=insereelemento(data,snirb,sexo,dat,arvoreant->dir);  
        return arvoreant;  
    }else{  
        arvoreant->esq=insereelemento(data,snirb,sexo,dat,arvoreant->esq);  
        return arvoreant;  
    }  
}
```


Apêndice B

Função de cálculo do coeficiente de endogamia

Função implementada em linguagem C, que calcula de modo bastante eficiente e eficaz, o coeficiente de endogamia dos animais tendo em conta todos os seus ascendentes.

```
void calculafx(int snirb, Treeord arvorespm){
    TreeAs arvoreAs=NULL, max, arvoreaux=NULL;
    Treeord elemento;
    Treelid arvorelid=NULL, arvaux=NULL;
    int sID, dID, teste=0, numimprime=1, ola=1;
    float fxsID, fxdID, aa, aii, fxsirb, aux=0.5, ldID,
        lsID, lj, lj2, d, numfloat, numfloat1, lidj;
    aii=0;
    lidj=0;
    elemento=procur(arvorespm, snirb);
    dID=elemento->mae;
    sID=elemento->pai;
    if(sID>0 & dID>0){
        arvoreAs=insereelementoAs(dID, arvoreAs);
        arvoreAs=insereelementoAs(sID, arvoreAs);
        arvorelid=insereelementolid(dID, 0.5, arvorelid);
        procurolid(arvorelid, 1);
        procurolid(arvorelid, 2);
        arvorelid=insereelementolid(sID, 0.5, arvorelid);
        fxsID=procurafx(sID);
        fxdID=procurafx(dID);
        aii=0.5-0.25*(fxsID+fxdID);
    }
```

```

    }
    else{
        aii=1;
    }

while(arvoreAs!=NULL){
    arvoreaux=arvoreAs;
    max=procuraAsmaximo(arvoreaux);
    elemento=procur(arvorespm,max->snirb);
    aa=procuralid(arvorelid,max->snirb);
    lidj=aa;
    dID=elemento->mae;
    d=1;
    if(dID>0){
        imprimearvoreAs(arvoreAs,0);
        arvoreAs=insereelementoAs(dID,arvoreAs);
        imprimearvoreAs(arvoreAs,0);
        numfloat=procuralid(arvorelid,dID);
        ldID=numfloat;
        ldID=ldID+0.5*lidj;
        arvorelid=insereelementolid(dID,ldID,arvorelid);
        fxdID=procurafx(dID);
        d=d-0.25*(1+fxdID);
    }
    sID=elemento->pai;
    if(sID>0){
        arvoreAs=insereelementoAs(sID,arvoreAs);
        numfloat=procuralid(arvorelid,sID);
        lsID=numfloat;
        lsID=lsID+0.5*lidj;
        arvorelid=insereelementolid(sID,lsID,arvorelid);
        fxsID=procurafx(sID);
        d=d-0.25*(1+fxsID);
    }
    aii=aii+(lidj*lidj)*d;
    imprimearvoreAs(arvoreAs,0);}
    arvoreAs=eliminanoAs(max->snirb,arvoreAs);
    numimprime=imprimearvoreAs(arvoreAs,0);
    sID=0,dID=0,teste=0;
}

```

```
fxsnirb=aii-1;  
insertfx(snirb,fxsnirb);  
fprintf(fpw1,"%-10d %4.5f\n",snirb,fxsnirb);  
}
```


Apêndice C

Processo implementado para o cálculo da endogamia

```
<?php
```

```
//Lista que contém todas as fêmeas
$femea="1";
if (isset($_GET['checkboxf'])) {
    $femea = (get_magic_quotes_gpc()) ? $_GET['checkboxf'] :
        addslashes($_GET['checkboxf']);
}
//Lista que contém todos os machos
if (isset($_GET['checkbox'])) {
    $macho= (get_magic_quotes_gpc()) ? $_GET['checkbox'] :
        addslashes($_GET['checkbox']);
}

$j=0;
$i=0;

//abre o ficheiro para escrever
$str = fopen("genefilhos.txt", 'w');
//para todas as fêmeas saber o seu valor genético do leite
while($j!=count($femea)){
    $i=0;
    $femeaactual=$femea[$j];
    mysql_select_db($database_Bovinform, $Bovinform);
    $query_genefemea = sprintf("SELECT valorleite FROM VGenetico
```

```

WHERE snirb='%s', $femeaactual);
$genefemea = mysql_query($query_genefemea, $Bovinform)
or die(mysql_error());
$row_genefemea = mysql_fetch_assoc($genefemea);
$resulfemea[$j]=$row_genefemea['valorleite'];
while(strlen($femeaactual)<15){
$femeaactual=$femeaactual." ";
};
while($i!=count($macho)){
mysql_select_db($database_Bovinform, $Bovinform);
$machoactual=$macho[$i];
$query_genemacho = sprintf("SELECT valorleite FROM VGenetico
WHERE snirb='%s', $machoactual);
$genemacho = mysql_query($query_genemacho, $Bovinform)
or die(mysql_error());
$row_genemacho = mysql_fetch_assoc($genemacho);
$query_customacho = sprintf("SELECT preco FROM PrecoSemen
WHERE snirb='%s', $machoactual);
$customacho = mysql_query($query_customacho, $Bovinform)
or die(mysql_error());
$row_customacho = mysql_fetch_assoc($customacho);
$resulmachoendo[$i]=$row_genemacho['valorleite'];
$resulmachocusto[$i]=$row_customacho['preco'];
while(strlen($machoactual)<15){
$machoactual=$machoactual." ";
};
$a=fwrite($str,$machoactual);
$a=fwrite($str,$femeaactual."\r\n");
$i=$i+1;
}
$j=$j+1;
}
fclose($str);
system('./filhos');

$str = fopen("genefilhosresul.txt", 'r');
$a = fread($str, filesize("genefilhosresul.txt"));
$a=trim($a);
$endogamia=preg_split("/[\s]+/", $a);
fclose($str);

```

```

$aux=0;

$auxend=0;
$nov=0;
$guarda=0;
while($aux!=count($femea)){
$auxm=0;
$nov=0;
while($auxm!=count($macho)){
$pai[$nov]=$macho[$auxm];
$mae[$nov]=$femea[$aux];
$valorgenetico[$nov]=($resulfemea[$aux]+$resulmachoendo[$auxm]);
$endogamia[$nov]=$endogamia[$auxend];
$custo=$resulmachocusto[$auxm];
$vargenetico[$nov]=0.4* (($valorgenetico[$nov]+3200)/6300);
$varcusto[$nov]=0.2* ((60-$resulmachocusto[$auxm])/60);
$varendo[$nov]=0.4* ((0.375-$endogamia[$auxend])/0.375);
$resul[$nov]=$vargenetico[$nov]+$varcusto[$nov]+$varendo[$nov];
$nov=$nov+1;
$auxm=$auxm+1;
$auxend=$auxend+1;
}
$pnov=0;
$conta=$nov;
$max=0;
while($pnov!= $conta){
if ($resul[$max]<$resul[$pnov]){
$max=$pnov;
}
$pnov=$pnov+1;
}
$ficheiromae[$guarda]=$mae[$max];
$ficheiropai[$guarda]=$pai[$max];
$ficheirovalorgenetico[$guarda]=$valorgenetico[$max];
$ficheiroendogamia[$guarda]=$endogamia[$max];
$ficheirocusto[$guarda]=$resulmachocusto[$max];
$ficheiropar[$guarda]=$resul[$max]*100;
$guarda=$guarda+1;
$max=0;
$aux=$aux+1;

```

}

?>

Apêndice D

Formulário de avaliação da usabilidade

Para ser possível validar este programa, e estudar a sua usabilidade, gostaríamos que depois de o experimentar nos desse a sua opinião relativamente às seguintes afirmações.

Profissão: Idade:

Habilitações Literárias:

1 - Há quanto tempo utiliza a Internet?

- menos de 1 ano
- 1 ano
- 3 anos
- mais de 5 anos

2 - Com que frequência utiliza a Internet?

- Nunca
- Raramente
- Alguma frequência
- Muita frequência

3 - Em que local mais utiliza a Internet?

- Em casa

- Na biblioteca
- No trabalho
- Em cafés
- Outro.

4 - Tem conhecimento de algum(s) programa(s) deste género?

- Não
- Sim. Quais?

5 - Os seus conhecimentos sobre a Endogamia e suas consequências são:

- Muito bons
- Bons
- Razoáveis
- Medíocre
- Maus

6 - Como classifica o Site em relação às seguintes características:

a) O Site é convidativo e agradável.

- Concordo plenamente
- Concordo
- Indiferente
- Discordo
- Discordo plenamente

b) A organização das páginas está adequada.

- Concordo plenamente
- Concordo
- Indiferente

- Discordo
- Discordo plenamente

c) Foi fácil de encontrar a informação.

- Concordo plenamente
- Concordo
- Indiferente
- Discordo
- Discordo plenamente

d) A navegação do Site foi clara.

- Concordo plenamente
- Concordo
- Indiferente
- Discordo
- Discordo plenamente

e) O carregamento das páginas foi rápido.

- Concordo plenamente
- Concordo
- Indiferente
- Discordo
- Discordo plenamente

f) Este Site é uma mais valia para os criadores e Técnicos da área do Melhoramento Animal.

- Concordo plenamente
- Concordo

- Indiferente
- Discordo
- Discordo plenamente

7 - Qual a avaliação geral que faz deste Site?

- Muito bom
- Bom
- Razoável
- Fraco
- Muito fraco

8 - Recomendaria o site a um(a) amigo(a)?

- Não
- Sim

9 - Comentário que queira adicionar sobre o site e a sua navegação?

Muito obrigado pelo tempo dispensado!