

UNIVERSIDADE JOSÉ DO ROSÁRIO VELLANO – UNIFENAS  
CLAUDEMIR DE ASSIS

***SOFTWARE* PARA ESTIMATIVA DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA PRODUÇÃO  
DE SUÍNOS**

Alfenas – MG

2017

CLAUDEMIR DE ASSIS

***SOFTWARE PARA ESTIMATIVA DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA PRODUÇÃO  
DE SUÍNOS***

Dissertação apresentada à Universidade José do Rosário Vellano, como parte das exigências do Curso de Mestrado Profissional em Sistemas de Produção na Agropecuária para a obtenção do Título de Mestre em Sistemas de Produção na Agropecuária.

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dra. Luciana de Paula Naves  
Coorientadores: Prof. Dr. Leonardo da Silva Fonseca  
Prof. Dr. Pedro Ivo Sodré Amaral

Alfenas – MG

2017

Dados internacionais de catalogação-na-publicação

Biblioteca Central da UNIFENAS

Assis, Claudemir de

Software para estimativa da eficiência energética na produção de suínos. — Claudemir de Assis.— Alfenas, 2017.

32 f.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dra. Luciana de Paula Naves

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Sistemas de Produção Agropecuária – Universidade José do Rosário Vellano, Alfenas, 2017.

1. Balanço energético 2. Inovação tecnológica 3. Suinocultura
  4. Sustentabilidade I. Universidade José do Rosário Vellano
- II. Título

CDU 636.4(043)

Zélia Fernandes Ferreira Miranda

Bibliotecária CRB6 1486

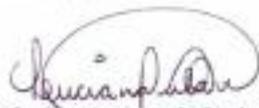
## Certificado de Aprovação

**TÍTULO:** "Software para estimativa da eficiência energética na produção de suínos"

**AUTOR:** Claudemir de Assis

**ORIENTADORA:** Profa. Dra. Luciana de Paula Naves

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de **Mestre Profissional em Sistemas de Produção na Agropecuária** pela Comissão Examinadora.



Profa. Dra. Luciana de Paula Naves  
Orientadora



Prof. Dr. Nikolas de Oliveira Aparal



Prof. Dr. Pedro Ivo Sodré Amaral

Aifenas, 30 de novembro de 2017.



Profa. Dra. Laura Helena Orfão  
Diretora Adjunta de Pesquisa e Pós-graduação  
UNIFENAS

*Dedico este trabalho primeiramente ao Divino Pai Eterno, pelo dom da vida e por proporcionar esta oportunidade. Aos meus pais, José Libânio (in memoriam) e Zilda, pela educação e valores a mim transferidos. A Nossa Senhora pela coragem e paciência diante das tribulações. À minha família, esposa (Genoveva) e filhas (Clarisse e Giovanna).*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que é Pai, Filho e Espírito Santo, pelo dom da vida e pela possibilidade de acordar todos os dias em busca de sabedoria e conhecimento.

A Nossa Senhora Aparecida, Nossa Senhora das Graças, aos Santos Reis, a Santo Antônio.

À minha esposa, Genoveva, e filhas, Clarisse e Giovanna.

Aos meus pais, José Libânio (*in memoriam*) e Zilda, e meus familiares.

À professora Dra. Luciana de Paula Naves, pela amizade, pelos ensinamentos, pelo apoio, pela orientação, pela credibilidade depositada em mim e pelo exemplo de profissional.

Aos membros da banca examinadora, por terem aceitado participar da avaliação desse trabalho, especialmente ao professor Dr. Nikolas de Oliveira Amaral.

Ao professor Dr. Pedro Ivo Sodrê Amaral, pela valiosa contribuição na realização deste trabalho.

Ao professor Dr. Leonardo da Silva Fonseca, pela coorientação.

Ao Sr. Fábio Luis Peterline de Paula, representante técnico da CASP (Companhia Avícola São Paulo), pelas informações técnicas concedidas.

Ao professor Dr. Luiz Carlos do Nascimento, da Universidade Federal de Alfenas, UNIFAL-MG, que desde o início do Mestrado incentivou e assistiu-me.

Ao professor Dr. Alessandro Vieira Veloso, da Universidade Federal de Lavras, UFLA, que prontamente se dispôs a colaborar e disponibilizou bons materiais.

Aos meus colegas de mestrado pelo companheirismo e apoio.

À Universidade José do Rosário Vellano, UNIFENAS, pelo curso, apoio e ensinamentos.

Aos meus professores e orientadora pela dedicação, incentivo, compreensão e apoio.

## RESUMO

A suinocultura brasileira é uma atividade agropecuária importante, pois, além de ofertar alimentos de alto valor nutricional para a população humana, contribui para a geração de empregos e renda no país. Indo ao encontro da necessidade de se produzir alimentos com responsabilidade ambiental os produtores de suínos têm adotado práticas de tratamento de resíduos em suas propriedades. Cada vez mais, é necessário que o produtor conheça o grau de eficiência e sustentabilidade do sistema de produção utilizado. Neste sentido, o balanço energético tem sido utilizado como uma ferramenta indicativa da racionalidade no uso de recursos. Porém, muitos produtores ainda não estimam o fluxo energético por encontrarem dificuldades nas conversões de energia e nos demais cálculos necessários. Portanto, o presente trabalho apresenta o *software* ENERGYSWINE desenvolvido para auxiliar técnicos e produtores a determinarem a eficiência energética em sistemas de produção de suínos. O programa ENERGYSWINE foi desenvolvido em ambiente de desenvolvimento integrado (IDE) da Microsoft para desenvolvimento de *software* (Visual Studio) utilizando as linguagens C# (C Sharp), HTML5, CSS3 e JavaScript. Para o armazenamento das informações do sistema tais como usuário, granja, análise dos dados e resultado do cálculo do balanço energético, utilizou-se o banco de dados SQLServer. A partir de uma revisão da literatura, os coeficientes energéticos específicos para cada componente de entrada e saída foram estabelecidos. O balanço energético calculado pelo ENERGYSWINE considera a razão entre toda energia produzida no sistema e toda a energia consumida. Ao acessar a tela inicial do programa, o usuário deve preencher o formulário contendo 22 questões. Após o preenchimento de todos os campos de respostas, o *software* realiza o cálculo do balanço energético da granja, podendo-se visualizar e imprimir o relatório com o resumo dos balanços energéticos já efetuados. O *software* ENERGYSWINE demonstrou ser uma ferramenta adequada para se calcular de maneira rápida e fácil o balanço energético de sistemas de produção de suínos. Como perspectivas futuras, novos trabalhos poderão ser desenvolvidos a fim de incorporar novos módulos e relatórios em versões atualizadas do programa.

**Palavras-chave:** Balanço energético. Inovação tecnológica. Suinocultura. Sustentabilidade.

## ABSTRACT

Brazilian pig farming is an important farming activity, because besides it offering food of high nutritional value to the human population, it contributes for generation of employ and income in the country. Due to the need of produce food with environmental responsibility, the swine producers have adopted waste treatment practices on their property. Each time more, it is necessary that the producer know the degree of efficiency and sustainability of the production system utilized. In this sense, the energy balance has been used as a tool indicative of the rational use of resources. However, many producers still do not estimate the energy flow because they encounter difficulties in the energy conversions and other required calculations. Therefore, the present work presents the software ENERGYSWINE developed to help technicians and producers to determine the energy efficiency in swine production systems. The ENERGYSWINE program was developed in Microsoft's integrated development environment (IDE) for software development (Visual Studio) using the C# (C Sharp), HTML5, CSS3 and JavaScript languages. For the storage of the information of the system such as user, farm, data analysis and energy balance calculation, the SQLServer database was used. From a literature review, the specific energy coefficients for each input and output component were established. The energy balance calculation by ENERGYSWINE considers the ratio between all energy produced in the system and all energy consumed. When accessing the initial screen of the program, the user must fill out the form containing 22 questions. After all fields were answered, the software calculates the energy balance of the farm, and the user can view and print the report with the summary of energy balances already done. ENERGYSWINE software has demonstrated to be a suitable tool to calculate of manner quick and easy the energy balance of swine production systems. As future perspectives, new works can be developed to incorporate new modules and reports into updated versions of the program.

**Keywords:** Energetic balance. Technological innovation. Swine production. Sustainability.

## SUMÁRIO

	<b>PRIMEIRO CAPÍTULO</b> .....	10
1	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	10
2	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	11
2.1	<b>Contextualização da suinocultura brasileira</b> .....	11
2.2	<b>Balço energético na produção de suínos</b> .....	12
2.3	<b>Software na agropecuária</b> .....	13
2.4	<b>Desenvolvimento de software</b> .....	14
2.4.1	Modelo Clássico de Desenvolvimento de Software.....	15
2.4.2	Métodos Ágeis de Desenvolvimento de Software.....	17
2.4.3	Banco de dados.....	17
2.5	<b>Engenharia e teste de software</b> .....	18
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	21
	<b>SEGUNDO CAPÍTULO</b> .....	25

## PRIMEIRO CAPÍTULO

### 1 INTRODUÇÃO

Superando os desafios do cenário econômico nacional, a produção brasileira de carne suína registrou um crescimento de 4,95% em 2015, quando comparado ao ano de 2014, o que corresponde à produção de 3,731 milhões de toneladas de carne no ano de 2016. O estado de Minas Gerais se destaca como o quarto maior produtor de suínos, ficando atrás apenas dos estados de Santa Catarina, Paraná e Rio Grande do Sul (ABPA, 2017). Por sua vez, o consumo *per capita* nacional chegou a 15,08 quilos por habitante/ano, representando 2,52% a mais do que o registrado em 2014.

Além do aumento no consumo de carne suína pelo mercado interno, a elevação na comercialização deste tipo de carne também foi alta devido ao aumento na exportação, de quase 10%, para países como Rússia e Hong Kong. Além disso, é importante ressaltar que, especialmente em tempos de crise econômica, a carne suína é mais consumida já que possui alta qualidade nutricional e menor preço que outros tipos de carne como, por exemplo, a bovina (ABPA, 2016).

Os avanços em genética, nutrição, manejo e sanidade permitiram à suinocultura saltos na produtividade, e, além disso, nas últimas décadas, o sistema convencional de criação tem despertado atenção em função da necessidade de se tratar os dejetos gerados (AVACI, 2012; MONTEIRO et al., 2017). Incentivos federais e leis ambientais cada vez mais rígidas têm feito com que os produtores de suínos invistam no tratamento dos dejetos para diminuir o impacto ambiental gerado, e o uso de biodigestores se apresenta como uma das alternativas à questão (AVACI, 2012). Nos biodigestores, os dejetos dos suínos (fezes e urina) são degradados por bactérias anaeróbicas, havendo produção de metano e dióxido de carbono em grande quantidade, que originam o biogás. O biogás pode ser utilizado para gerar energia elétrica, utilizando-se geradores apropriados que fornecem parte da energia elétrica requerida na propriedade. Já o biofertilizante pode ser utilizado na adubação de lavouras (BEZERRA et al., 2014).

A utilização dos balanços de energia apresenta-se como uma ferramenta capaz de avaliar a racionalidade no uso de recursos em sistema de produção intensiva. O balanço entre a entrada e a saída, assim como o fluxo energético no interior da fronteira do sistema sinalizam a eficiência da produção e indicam o grau de sustentabilidade da mesma (ANGONESE et al., 2006; CAMPOS e CAMPOS, 2004; SOUZA et al., 2009; VELOSO et

al., 2012). Desta forma, quanto maior o aproveitamento do resíduo gerado, melhor o balanço energético e, conseqüentemente, a sustentabilidade do sistema. Contudo, vale salientar que a relativa complexidade dos cálculos envolvidos faz com que muitos suinocultores ainda não estimem a eficiência produtiva em suas propriedades.

Portanto, esta pesquisa foi realizada no intuito de desenvolver um software que auxilie técnicos e produtores na determinação da eficiência energética em sistemas de produção de suínos.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Contextualização da suinocultura brasileira**

Historicamente, a criação de suínos no Brasil iniciou-se como uma atividade de subsistência. Porém, nas últimas décadas, importantes avanços ocorreram nas áreas de genética, nutrição, manejo e sanidade suinícola. Como consequência, no cenário atual observa-se que o sistema de criação intensivo de suínos no Brasil é um importante segmento agropecuário responsável por produzir, com segurança alimentar, grande quantidade de carne de alto valor nutricional (BOLETIM ATIVOS DA SUINOCULTURA, 2015).

Na sociedade brasileira, a suinocultura representa destacado papel, pois, além de fornecer alimento para a população, gera grande quantidade de empregos e renda para pequenos, médios e grandes produtores (SOUZA et al., 2013). Embora a economia do país tenha tido momentos de altos e baixos nos últimos anos, a produção de carne suína no Brasil tem retomado o crescimento no último triênio, alcançando um patamar de produção de 3,731 milhões de toneladas de carne no ano de 2016. Nesse contexto, o estado de Minas Gerais se destaca como o quarto maior produtor de suínos, atrás apenas dos estados de Santa Catarina, Paraná e Rio Grande do Sul (ABPA, 2017).

Por outro lado, o aumento da produtividade, especialmente no sistema de criação intensivo, trouxe consigo algumas preocupações de cunho ambiental (ROCKENBACH et al., 2016; WEBER et al., 2017). Neste contexto, destaca-se o potencial poluidor dos dejetos produzidos pelos animais caso estes não sejam devidamente tratados. A fim de minimizar os impactos ambientais e aumentar o lucro na atividade suinícola, produtores têm instalado, em suas propriedades, biodigestores para a produção de biofertilizante e biogás (ESPERANCINI et al., 2007), já que o biofertilizante pode ser utilizado na adubação de

lavouras, enquanto o biogás pode ser utilizado para gerar energia elétrica (BEZERRA et al., 2014).

O Brasil tem apoiado a geração de eletricidade a partir de fontes alternativas, por meio, por exemplo, do Programa de Incentivo às Fontes de Energia no Brasil (PROINFA). Assim, novas oportunidades têm sido criadas para implantação de sistemas de geração de energia elétrica, utilizando biogás como fonte primária de energia.

Concomitantemente, em 2010 foi criado o Plano da Agricultura de Baixo Carbono (Plano ABC) cuja finalidade é destinar e ampliar os recursos para financiamento de custeio, comercialização e investimento para os produtores rurais adotarem técnicas agrícolas sustentáveis. Por conseguinte, atualmente se tem discutido cada vez mais sobre a suinocultura de baixa emissão de carbono a partir do uso de tecnologias para o aproveitamento econômico dos dejetos de suínos (MAPA, 2017).

## **2.2 Balanço energético na produção de suínos**

O desenvolvimento sustentável é entendido como um processo dinâmico destinado a satisfazer as necessidades atuais sem comprometer, no entanto, a capacidade das gerações futuras de atenderem às próprias necessidades (KOZIOSKI e CIOCCA, 2000).

Embora a suinocultura moderna esteja caminhando para se tornar cada vez mais uma atividade sustentável, não basta que o suinocultor apenas adote práticas de tratamento de resíduos na sua propriedade. É necessário também que ele avalie, de maneira não subjetiva, o grau de eficiência e sustentabilidade do sistema de produção utilizado. Portanto, o cálculo do balanço energético tem sido utilizado como uma ferramenta indicativa da racionalidade no uso de recursos (ANGONESE et al., 2006; BIAGGIONI e BOVOLENTA, 2010; CAMPOS et al., 2003; CAMPOS e CAMPOS, 2004; FRIGO et al., 2011; JASPER et al., 2010; LUCAS JÚNIOR, 2004; SANTOS e MELO et al., 2007; SOUZA et al., 2009; VELOSO et al., 2012).

A base teórica do balanço energético baseia-se no princípio físico de conservação de energia, também conhecido como primeiro princípio da termodinâmica, a partir do qual a variação de energia em um processo pode ser explicada pelo balanço de energia, isto é, pode ser entendida considerando-se as entradas e saídas de energia do sistema (ANGONESE et al., 2006).

O estudo da energia empregada em sistemas agropecuários, seus fluxos, distribuição e conversão, compõe importante instrumento para avaliação da sua sustentabilidade e

representa o balanço energético do sistema. Tal procedimento possibilita a determinação dos processos, materiais e equipamentos de maior consumo energético, indicando opções de economia (CAMPOS et al., 2003).

A análise energética destina-se a contabilizar as energias convertidas (*outputs*) e as consumidas (*inputs*) em um determinado sistema de produção. Os fluxos energéticos intrínsecos a qualquer sistema expressam unidades calóricas por unidade de tempo, de massa, ou de área, que são traduzidos em eficácia produtiva dos *inputs* calóricos daquele sistema. Esses são elementos fundamentais no cálculo da eficiência energética, conseguidos através de um índice que indica quantas unidades de energia são produzidas para cada unidade investida no processo produtivo (BIAGGIONI e BOVOLenta, 2010).

Sendo assim, para obter a análise do fluxo energético é necessário conseguir a unificação do produto de diferentes fontes, tais como de máquinas, trabalho humano e combustível, em conversores de energia (PRADO et al., 2010). Nesse contexto, qualquer sistema de produção pode ser avaliado, desde que se consiga mensurar todos os dados referentes às entradas (*input*) e às saídas (*output*).

De maneira geral, a produção de energia a partir do biogás produzido aumenta a eficiência energética do sistema de produção. Entretanto, o balanço energético na manutenção de suínos é variável de propriedade para propriedade em função das suas particularidades relacionadas às energias de entrada e de saída. Portanto, cada suinocultor precisa considerar a sua realidade para estimar a eficiência energética do seu sistema de produção.

Todavia, a maioria dos suinocultores ainda não estima o balanço energético em suas propriedades por encontrarem dificuldades nas conversões de energia e demais cálculos necessários, especialmente porque as informações relativas ao tema normalmente se encontram divulgadas em linguagem científica e em idioma inacessíveis aos suinocultores. Frente a este gargalo, acredita-se que o uso da tecnologia da informação possa facilitar e dar agilidade ao cálculo do balanço energético na produção de suínos.

### **2.3 Software na agropecuária**

Segundo Carvalho (2008), os avanços da tecnologia têm provocado profundas mudanças e adaptações nas empresas, nos produtos e nos serviços. O ritmo acelerado dessas mudanças vem impactando os segmentos da atividade agropecuária e tem atingido até os mais conservadores que pouco consideravam a necessidade ou importância do suporte tecnológico. O cenário atual reflete a crescente necessidade por informação de

qualidade como subsídio essencial aos processos de gestão. Na medida em que o agronegócio avança, percebe-se a necessidade de implementação de medidas eficientes para que sejam superados os obstáculos identificados (BRANDÃO et al., 1998).

Apesar de sua importância no cenário econômico brasileiro, o setor agropecuário permaneceu por muitos anos completamente à margem da revolução da informação que ocorreu no mundo e que mudou o comportamento e o desempenho de vários setores da economia mundial. No entanto, a globalização também influenciou o setor agrícola, trazendo a ele maior competição tanto no mercado nacional quanto no internacional, com clientes cada vez mais exigentes e qualificados. Por conseguinte, o agronegócio aos poucos passou a incorporar a revolução científica e tecnológica provocada pelas novas tecnologias da informação (AFFONSO et al., 2015; ZORANOVIÜ e NEBOJŠA NOVKOVIÜ, 2013).

Devido a uma grande mudança na maneira de gerir o negócio e à significativa redução dos custos na aquisição dessas tecnologias, o setor agropecuário tem aderido sucessivamente à revolução da informação (CARVALHO, 2008).

Para Garcia (2012), torna-se um diferencial competitivo o uso de tecnologia da informação e capacitação dos administradores rurais e técnicos. O administrador de um agronegócio precisa saber onde e de que forma está aplicando seus recursos e qual retorno está sendo obtido (CARVALHO, 2008), mas, até mesmo por questões culturais, ainda há algumas barreiras na adoção de tecnologias da informação no agronegócio. Ainda assim, a demanda por softwares e serviços no meio rural tem sido cada vez mais frequente (SILVA, 2012).

## **2.4 Desenvolvimento de software**

Segundo Lopes (2004), o termo software é equivalente ao termo sistema (cujo significado é mais abrangente e aplicado a vários contextos). Nesta pesquisa o conceito será entendido como uma ferramenta de suporte à solução de problemas com o uso da informática.

O sucesso do desenvolvimento de um software depende da forma como ele resolve o problema para o qual foi proposto. Todo o esforço gasto durante o desenvolvimento de um software pode ser considerado um desperdício, mesmo com a qualidade de seu código, e por mais que seu desenvolvimento tenha seguido todas as metodologias recomendadas, se o mesmo não cumpre a tarefa para a qual foi destinado. Do mesmo modo, se toda a base tecnológica (hardware, software e conectividade) necessária ao funcionamento da

ferramenta não for compatível com a base existente no local onde ela será utilizada, grande parte do desenvolvimento pode se tornar inútil.

Corroborando com o anteriormente exposto, Pressman (2011) relata que um software é bem-sucedido quando ele atende às necessidades dos usuários, operando perfeitamente durante um longo período de tempo e sendo fácil de utilizar e modificar.

Outro ponto importante a ser considerado é a qualidade do software. Neste sentido, durante o desenvolvimento de um software deve-se trabalhar com uma efetiva gestão de qualidade aplicada de modo a criar um produto útil que forneça valor mensurável para aqueles que o produzem e para aqueles que o utilizam.

As oito dimensões de qualidade de Garvin são um bom parâmetro se utilizadas como critério da qualidade de um software, embora não tenham sido pensadas para esse fim específico. São elas: qualidade do desempenho, qualidade dos recursos, confiabilidade, conformidade com as necessidades do negócio, durabilidade, facilidade de manutenção, estética e percepção do usuário em relação ao software (PRESSMAN, 2011).

#### 2.4.1 Modelo Clássico de Desenvolvimento de Software

Um dos primeiros modelos propostos foi o Modelo Clássico, que descreve um método de desenvolvimento linear e sequencial, comumente chamado de Modelo Cascata, cujos estágios de desenvolvimento são apresentados em sequência: Análise dos Requerimentos do Software, Projeto, Codificação, Teste e Manutenção. De acordo com Pfleeger (2007), tal modelo auxilia os profissionais de TI a descrever o sistema a ser desenvolvido e, devido à sua simplicidade, facilita a comunicação com os clientes.

Conforme Pressman (2007), as fases do Modelo Cascata ilustram bem as atividades fundamentais de desenvolvimento, como podemos ver abaixo:

**2.4.1.1** Análise e Engenharia de Software: nesta etapa, através da comunicação com o usuário e de análises de documentos técnicos (ou normativos), são coletados os requisitos do sistema como um todo, em alto nível.

**2.4.1.2** Análise de requisitos de software: etapa do processo de coleta de requisitos, intensificado e concentrado especificamente no software. Para identificar a natureza do programa a ser construído, o analista de software deve compreender o domínio da informação, bem como a função, desempenho e interface exigidos para o software. Os requisitos são documentados e revistos com o cliente.

**2.4.1.3** Projeto: é um processo de múltiplos passos que se concentra em quatro

atributos distintos do programa: estrutura de dados, arquitetura de software, detalhes procedimentais e caracterização de interface. O projeto pode ser revisado e avaliado quanto à qualidade antes que a codificação se inicie. Como os requisitos, o projeto é documentado e torna-se parte do desenvolvimento do software.

**2.4.1.4** Codificação: o projeto deve ser traduzido em uma forma legível por máquina.

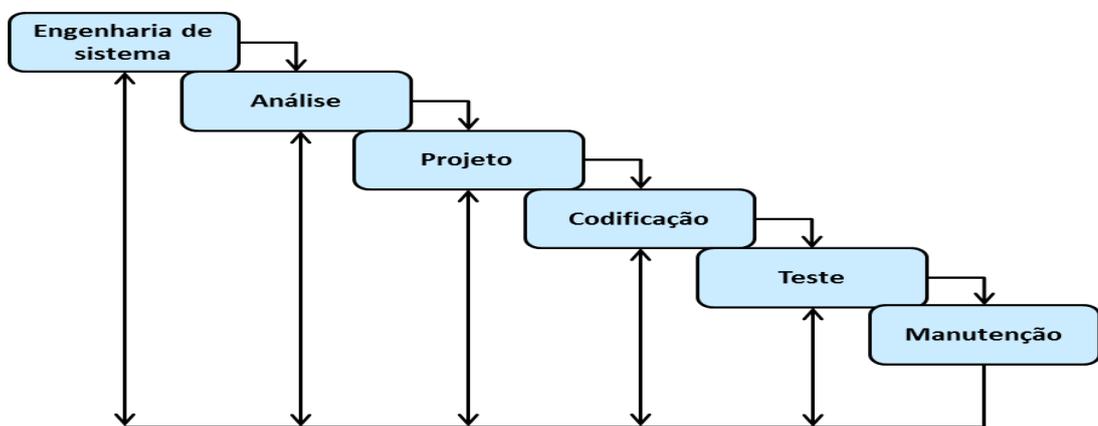
**2.4.1.5** Testes: finalizada a geração do código, iniciar-se-á a realização de testes do programa. O processo de realização de testes concentra-se nos aspectos lógicos internos do software, garantindo que todas as instruções estejam funcionando corretamente, e nos aspectos funcionais externos, garantindo que a entrada produza resultados reais de acordo com os resultados exigidos. O sistema deve cumprir a finalidade para o qual foi proposto.

**2.4.1.6** Manutenção: não faz parte do desenvolvimento, uma vez ocorre após a finalização do software. Contribui para o crescimento e evolução do software. Abrange correções de erros não detectados na fase de testes, alterações nas rotinas existentes ou a necessidade de acréscimos funcionais ou de desempenho.

Em teoria, uma fase não deve ser iniciada enquanto a anterior não for finalizada, mas, na prática, esses estágios se sobrepõem e trocam informações entre si, não acontecendo de forma tão linear assim.

Durante o projeto podem ser identificados problemas com requisitos; durante a codificação é possível que se encontrem problemas de projeto e assim por diante. O processo de software não é um módulo linear simples, envolvendo, na verdade, uma sequência de interações entre as atividades de desenvolvimento (SOMMERVILLE, 2007). A figura 1 ilustra o modelo Cascata: fases sucessivas e interações entre as fases.

**Figura 1 – Modelo Cascata**



Fonte: Pressman (2007, p.33)

## 2.4.2 Métodos Ágeis de Desenvolvimento de Software

Métodos ágeis caracterizam-se por um grupo de metodologias que diferem entre si, tendo, porém, princípios comuns. São adaptativas, ajustando-se, dessa forma a novos fatores durante o desenvolvimento do projeto, sem tentar analisar previamente tudo o que pode ou não acontecer no decorrer do desenvolvimento (SOARES, 2004).

Estas metodologias apregoam os seguintes valores: indivíduos e interações em relação a processos e ferramentas; software funcional, em relação à documentação abrangente; colaboração com o cliente, em relação a negociações contratuais; respostas à mudança, em relação a seguir planos (PAULA FILHO, 2009).

Dentre os modelos criados pela Engenharia de Software, podemos citar: *XP - Extreme Programming*, *RUP - Rational Unified Process* (ou Processo Unificado Racional) e *Scrum*.

Segundo Paula Filho (2009), as críticas mais frequentes a estes métodos são:

- a falta de estrutura e documentação realmente necessárias;
- requerem desenvolvedores muito experientes e disciplinados;
- costumam resultar em desenho insuficiente;
- requerem mudança cultural muito grande;
- dificultam negociações contratuais;
- podem ser ineficientes se as alterações de requisitos forem frequentes;
- dificultam as estimativas de esforços, custos e prazos.

Existem inúmeras variáveis destes modelos, propostos por diferentes pesquisadores ou empresas de desenvolvimento e adaptados a diferentes tipos de softwares. Nesse sentido, Pressman (2007) afirma que os diversos modelos podem e devem ser combinados de forma que as potencialidades de cada um possam ser obtidas em um único projeto. O autor argumenta ainda que a natureza da aplicação deve ditar a abordagem a ser adotada e que, ao combinarmos abordagens, o todo pode ser maior do que a soma das partes.

## 2.4.3 Banco de dados

Um sistema gerenciador de banco de dados (SGBD) é um sistema computadorizado que tem a finalidade de armazenar informações e permitir que os usuários consultem e manipulem essas informações. As informações contidas em um banco de dados têm

significado ao indivíduo ou à organização a que o sistema deve servir, de forma a auxiliar no processo geral das atividades desse indivíduo ou dessa organização (DATE, 2007).

A interação dos usuários com o banco de dados ocorre por meio de formulários, interfaces gráficas ou relatórios predefinidos. Através de aplicações on-line os usuários executam diversas operações no banco de dados, como consulta, inclusão, exclusão e alteração de dados (SILBERSCHATZ; KORTH; SUDARCHAN, 2006).

Enquanto em um sistema monousuário somente um usuário por vez pode acessar o banco de dados em determinado momento, em um sistema multiusuário o banco de dados pode ser acessado por vários usuários ao mesmo tempo. A totalidade de dados deve estar armazenada em um único banco de dados de forma a ser utilizado por vários usuários e de diferentes maneiras, proporcionando assim a integração e o compartilhamento das informações (DATE, 2007).

## **2.5 Engenharia e teste de *software***

Como descrito por Pressman (2011), a engenharia de software pode ser definida como a aplicação de uma abordagem sistemática, disciplinada e quantificável para o desenvolvimento, operação e manutenção de softwares, além do estudo de suas abordagens e técnicas. Entretanto, essa aplicação pode variar de acordo com a equipe de desenvolvimento.

Costa (2001), por sua vez, define que a engenharia de software abrange um conjunto de três elementos fundamentais: métodos, ferramentas e procedimentos. Os métodos definem o “como fazer”, as ferramentas proporcionam o apoio automatizado ou semiautomatizado aos métodos e os procedimentos formam o elo entre os métodos e as ferramentas. Pressman (2011) determina que a prática da engenharia de software deve basear-se em quatro conceitos

- 2.5.1 Compreender o problema (conceituação e análise);
- 2.5.2 Planejar uma solução (modelagem e projeto de software);
- 2.5.3 Executar o plano (geração do código);
- 2.5.4 Examinar o resultado para ter precisão (testes e garantia de qualidade).

Segundo Larman (2007), a primeira fase no desenvolvimento de um software é a análise, que enfatiza uma investigação do problema e de seus requisitos, sem focar, ainda,

na solução. Análise é um termo de significado bastante amplo que no contexto de desenvolvimento de software é mais bem qualificado como o estudo dos requisitos ou uma investigação deles. A partir da análise, gera-se um projeto, que enfatiza uma solução conceitual, seja um software ou um hardware, que satisfaça aos requisitos levantados.

Pressman (2011) divide o processo de desenvolvimento de software em três fases:

- Definição: “o que” deve ser feito. Nessa fase são executadas atividades de análise do sistema, planejamento do projeto de software e análise de requisitos.
- Desenvolvimento: o foco é o “como” fazer. Nessa fase o projeto de software é desenvolvido, ocorrendo a codificação e realização de testes.
- Implantação e manutenção: treinamento do usuário, desenvolvimento de eventuais mudanças, correções, adaptações e melhorias das funcionalidades de um sistema.

Um requisito é uma característica necessária de um software para que o usuário possa solucionar um problema de forma a atingir um objetivo. Também pode ser uma característica do software que deve ser realizada ou implementada de forma a satisfazer um contrato, padrão, especificação, legislação ou outra documentação formalmente imposta.

Os requisitos de um software podem ser classificados em dois tipos: funcionais, que especificam o que o software deve fazer, e os não-funcionais, que são os que especificam como o software deve se comportar quanto a situações como desempenho, confiabilidade, entre outras. Os requisitos funcionais expressam o comportamento do software através das condições de entrada e saída de dados, ou seja, tratam da interação do software com o seu ambiente. Já os requisitos não funcionais estão ligados às condições de funcionamento do software, como, por exemplo, a forma de acesso, a escalabilidade (número de acessos simultâneos), entre outros fatores (LOPES, 2004).

Uma ferramenta bastante utilizada na documentação de projetos de software é o UML (*Unified Modeling Language* ou Linguagem de Modelagem Unificada). UML pode ser definido como uma linguagem visual que especifica, constrói e documenta os artefatos dos sistemas. O fato de ser visual é um ponto chave da UML, uma vez que ela é considerada a notação diagramática padrão para desenhar ou apresentar figuras acompanhadas de texto relacionadas ao software. A UML especifica uma série de diagramas que são utilizados para melhor entender o domínio do problema implementado no software, bem como norteia o desenvolvimento do mesmo (LARMAN, 2007).

Para Pressman (2011), teste é um conjunto de atividades que podem ser planejadas e executadas sistematicamente. Testes devem validar desde pequenas implementações de código, feitas de maneira isolada, até testes de alto nível que validam as principais funções do software de acordo com os requisitos definidos pelo cliente.

Costa (2001) aborda várias técnicas de testes de software como: teste de unidade, teste de integração, teste de sistema, teste de instalação e teste de aceitação. Os testes de software mais conhecidos e utilizados são: o *alpha-test*, no qual o software é testado em um ambiente controlado por alguns usuários e na presença dos desenvolvedores; e o *beta-test*, no qual o software é testado por um conjunto maior de usuários que se propõe a dar um retorno aos desenvolvedores caso algum problema seja encontrado.

Os testes de software são parte de um tópico mais amplo, conhecido como verificação e validação no qual verificação é o conjunto de métricas que garante que o software implemente corretamente uma função específica, já a validação refere-se ao conjunto de tarefas que asseguram que o software foi criado e pode ser rastreado seguindo os requisitos do cliente (PRESSMAN, 2011).

## REFERÊNCIAS

- ABPA. **Associação Brasileira de proteína animal**. Disponível em: <<http://abpa-br.com.br/>>. Acesso em 08 de novembro de 2017.
- ABPA. **Associação Brasileira de proteína animal**. Disponível em: <<http://abpa-br.com.br/>>. Acesso em 08 de julho de 2016.
- AFFONSO, E. P.; HASHIMOTO, C. T.; SANT'ANA, R. C. G. Uso de tecnología de la información en la agricultura familiar: Planilla para gestión de insumos. **Biblios: Journal of Librarianship and Information Science**, Brasília, n. 60, p. 45-54, 2015. Disponível em: <<https://biblios.pitt.edu/ojs/index.php/biblios/article/view/221/233>>. Acesso em: 02 set. 2016.
- ANGONESE, A. et al. Eficiência energética de sistema de produção de suínos com tratamento dos resíduos em biodigestor. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.10, n.3, p.745-750, jul./set. 2006.
- AVACI, Angelica Buzinaro. **Cenário econômico e energético da microgeração de energia elétrica proveniente do biogás da suinocultura**. 2012. 76f. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, PR, 2012.
- BEZERRA, K.L.P. et al. Uso de biodigestores na suinocultura. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 11, n. 5, p. 3714-3722, set./out. 2014. (Artigo 275).
- BIAGGIONI, M.A.M.; BOVOLENTA, F.C. Balanço energético comparativo para rotas de escoamento de soja. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.30, n.4, p.587-599, jul./ago. 2010.
- BOLETIM ATIVOS DA SUINOCULTURA. **Boletim elaborado em parceria com o Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada**, v.1, n.1, maio 2015. Disponível em: <<http://www.canaldoprodutor.com.br/sites/default/files/Ativos-Suinocultura-n1.pdf>>. Acesso em 5 de julho de 2016.
- BRANDÃO, G.E.; MEDEIROS, J.X. de. Programa de C&T para o desenvolvimento do agronegócio – CNPq. In: CALDAS, R. de A. et al. **Agronegócio brasileiro: ciência, tecnologia e competitividade**. Brasília: CNPq. 1998 p.11-25.
- CAMPOS, A.T.; CAMPOS, A.T. Balanços energéticos agropecuários: uma importante ferramenta como indicativo de sustentabilidade de agroecossistemas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.6, p.1977-1985, nov./dez. 2004.
- CAMPOS, A.T. et al. Custo energético de construção de uma instalação para armazenagem de feno. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, n.4, 667-672, jul./ago. 2003.

CARVALHO, A. **Software para controle produtivo e reprodutivo de bovinos leiteiros na agricultura familiar**. 2008. 70 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Produção na Agropecuária) – Universidade José do Rosário Vellano – UNIFENAS, Alfenas, 2008.

COSTA, C. G. A. **Desenvolvimento e Avaliação Tecnológica de um Sistema de Prontuário Eletrônico do Paciente, Baseado nos Paradigmas da World Wide Web e da Engenharia de Software**. 2001. 288 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2001.

DATE, C. J. **Introdução a Sistemas de Bancos de Dados**. 8.ed. Rio de Janeiro: Campus, 2004.

ESPERANCINI, M.S.T. et al. Viabilidade técnica e econômica da substituição de fontes convencionais de energia por biogás em assentamento rural do estado de São Paulo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n.1, p.110-118, jan./abr. 2007.

FRIGO, M.S. et al. Custos energéticos do agroecossistema pinhão-manso e milho: comparativo entre o sistema de condução de sequeiro e o irrigado. **Revista Energia na Agricultura**, Botucatu, v.26, n.2, p.87-102, abr./jun. 2011.

GARCIA, R. B. G. **Software para fertirrigação da cultura do mangueiro**. 2012. 92 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Produção na Agropecuária) – Universidade José do Rosário Vellano – UNIFENAS, Alfenas, 2012.

JASPER, S.P. et al. Análise energética da cultura do crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) produzida em plantio direto. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.30, n.3, p.395-403, mai./jun. 2010.

KOZIOSKI, G.V.; CIOCCA, M.L.S. Energia e sustentabilidade em agroecossistemas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.30, n.4, p.737-745, 2000.

LARMAN, Craig. **Utilizando UML e padrões**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2007.

LOPES, L. T. **Um Modelo de Processo de Engenharia de Requisitos para Ambientes de Desenvolvimento Distribuído de Software**. 2004. 142 f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

MELO, D. et al. Balanço energético do sistema de produção de soja e milho em uma propriedade agrícola do Oeste do Paraná. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.29, n.2, p.173-178, 2007.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO-MAPA. Secretaria de Política Agrícola. **Tecnologias para o aproveitamento econômico e sustentável dos dejetos na suinocultura**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/plano-abc/suinocultura-abc/arquivos-boletim-informativo/47-tecnologias-para-o-aproveitamento-economico-e-sustentavel-dos-dejetos-na-suinocultura.pdf/view>>. Acesso em: 10 jul. 2017.

MONTEIRO, A. N. T. R. et al. Applying precision feeding to improve the nitrogen efficiency of swine production: a review of possible practices and obstacles. **Ciência Rural**, v. 47, n. 7, 2017.

PAULA FILHO, Wilson de Pádua. **Engenharia de software: fundamentos, métodos e padrões**. 3.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

PFLEEGER, Shari Lawrence. **Engenharia de software: teoria e prática**. 2.ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2007.

PRADO, M.A.C.; CAMPOS, C.M.M.; SILVA, J.F. Estudo da variação da concentração de metano no biogás produzido a partir de águas residuárias do café. **Ciência e Agrotecnologia, Lavras**, v.34, n.2, p.475-484, mar./abr. 2010.

PRESSMAN, Roger S. **Engenharia de software**. 3.ed. São Paulo: Person Makron Books, 2007.

PRESSMAN, Roger S. **Engenharia de software: uma abordagem profissional**. New York: Mc Gra-Hill, 2011. 771 p.

ROCKENBACH, et al. Viabilidade econômica da produção de biogás em granjas de suínos, por meio da análise de séries temporais. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v.46, n.7, p.1295-1300, jul. 2016.

SANTOS, T.M.B.; LUCAS JÚNIOR, J. Balanço energético em galpão de frangos de corte. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.24, n.1, p.25-36, jan./abr. 2004.

SILBERSCHATZ, Abraham; KORTH, Henry F.; SUDARCHAN, S. **Sistema de Banco de Dados**. 5.ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006.

SILVA, T. M. D. **Software para recomendação de calagem e adubação do tomateiro no estado de Minas Gerais**. 2012. 83 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Produção na Agropecuária) – Universidade José do Rosário Vellano – UNIFENAS, Alfenas, 2012.

SOARES, Michel dos Santos. Comparação entre metodologias ágeis e tradicionais para o desenvolvimento de software. **Infocomp**, [s.l.], v. 3, n. 2, p. 8-13, nov. 2004

SOMMERVILLE, Lan. **Engenharia de software**. 8.ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2007.

SOUZA, C.V. et al. Análise energética em sistema de produção de suínos com aproveitamento dos dejetos como biofertilizante em pastagem. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.29, n.4, p.547-557, out./dez. 2009.

SOUZA, J. C. P. V. B. et al. **Sistema de produção: sistema de produção de leitões baseado em planejamento, gestão e padrões operacionais**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2013.

VELOSO, A.V. et al. **Energetic efficiency of a production system in swine deep bed.** **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.32, n.6, p.1068-1079, nov./dez. 2012.

WEBER, N. C. et al. Efeito da adição de casca de arroz na decomposição anaeróbica de dejetos suínos sobre os teores de macro e micro nutrientes. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, Viçosa, MG, v.7, n.1, p.51-58, mar. 2017.

ZORANOVIĆ, T.; NOVKOVIĆ, N. Information system for small pig farm. **Procedia Technology**, v. 8, p. 544–549, 2013.

# Energyswine Software For Estimating Energy Balance In Pig Production

C. Assis, P. I. S. Amaral, L. S. Fonseca, and L. de P. Naves

**Abstract**—In swine production systems, the energy balance can be used as an tool indicative of the efficiency in resource use. However, many producers have difficulties to make the energy conversions and the other calculations required. Therefore, this paper describes the Energyswine software that was developed to estimate the energy efficiency in swine production systems. Energyswine was developed in Microsoft; integrated development environment for software development (Visual Studio) using the C# (Sharp), HTML5, CSS3 and JavaScript languages. The SQL Server database was used for the storage of system information. The software calculates the energy balance using the informations provided by the user and the energy coefficients described in the scientific literature. Energyswine software showed to be a suitable tool to quickly and easily calculate the energy balance in swine production systems.

**Keywords**—Energy efficiency, Sustainability, Swine production, Technological innovation.

## I. INTRODUÇÃO

A SUINOCULTURA brasileira é uma atividade agropecuária importante, pois, além de ofertar alimentos de alto valor nutricional para a população humana, contribui para a geração de empregos e renda no país. De modo geral, a produção brasileira de carne suína tem retomado o crescimento no último triênio, alcançando um patamar de produção de 3,731 milhões de toneladas de carne no ano de 2016 [1].

Nas últimas décadas, a suinocultura teve expressivos avanços nas áreas de genética, nutrição, manejo e sanidade. Acompanhando essa evolução, tem sido cada vez mais requisitado que os sistemas de criação, em especial o intensivo, causem o menor impacto ambiental possível [15]. Frente a esta demanda, os suinocultores têm investido no tratamento dos dejetos produzidos durante a criação dos animais [20], [27].

Neste contexto, o uso de biodigestores representa uma interessante alternativa, pois promove de forma eficiente a degradação das fezes e urina por meio de bactérias anaeróbicas. Como produtos gerados, há a produção de biofertilizante e de biogás, este sendo majoritariamente constituído de metano e dióxido de carbono. Assim, o biofertilizante pode ser utilizado na adubação de lavouras, enquanto o biogás pode ser utilizado para gerar energia elétrica [5].

Conjuntamente às práticas de tratamento de resíduos, é também necessário que haja uma avaliação, de maneira não subjetiva, quanto ao grau de eficiência e sustentabilidade do sistema de produção utilizado. Nesse sentido, o cálculo do balanço energético tem sido empregado como uma ferramenta

indicativa da racionalidade no uso de recursos [8], [3], [23], [24].

De início, para o cálculo do balanço energético, as fronteiras do sistema de produção devem ser estabelecidas. Posteriormente, todos os componentes de entrada e saída de energia do sistema serão considerados [24].

Caracteriza-se por energia de entrada tudo aquilo que é necessário para se produzir o suíno, incluindo as instalações, eletricidade, mão de obra e alimentação, entre outros. Por outro lado, tudo aquilo que é gerado caracteriza-se por energia de saída como, por exemplo, o suíno que será destinado ao abate, o biofertilizante e o biogás produzidos. Para efeito de cálculos, todos os componentes precisam ser convertidos em energia. Isso é feito aplicando-se os fatores de conversão (coeficientes energéticos) disponíveis na literatura científica [18], [3], [21], [23], [7], [24].

Verifica-se que a maioria dos produtores não estima o balanço energético em suas propriedades, possivelmente por encontrarem dificuldades nas conversões de energia e nos demais cálculos necessários, especialmente porque as informações relativas ao tema normalmente encontram-se em linguagem científica, o que torna difícil a compreensão para grande parte dos suinocultores.

O uso da tecnologia da informação no agronegócio pode facilitar e dar agilidade ao gerenciamento do negócio, tornando a atividade mais eficiente e conseqüentemente mais lucrativa [27], [2]. Nesse sentido, o presente trabalho apresenta o software “ENERGYSWINE” desenvolvido para auxiliar técnicos e produtores a determinarem a eficiência energética em sistemas de produção de suínos.

Este artigo está organizado em cinco seções. A seção II contextualiza sobre ambiente de desenvolvimento de software e a linguagem de programação. O desenvolvimento do software ENERGYSWINE é detalhado na seção III. A seção IV apresenta os resultados obtidos. As considerações finais e perspectivas futuras são apresentadas na seção V.

## II. LINGUAGEM E AMBIENTE DE PROGRAMAÇÃO

### A. Visual Studio

Visual Studio é um conjunto completo de ferramentas de desenvolvimento para construção de aplicações Web, ASP.NET, serviços Web XML, aplicações da área de trabalho e aplicativos móveis. Visual Basic, Visual C# e Visual C++ usam o mesmo ambiente de desenvolvimento integrado (IDE), que permite o compartilhamento de ferramentas e facilita a criação de soluções de linguagens mistas. Além disso, essas linguagens usam a funcionalidade do .NET Framework, que fornece acesso às tecnologias chaves que simplificam o

desenvolvimento de aplicativos Web em ASP e serviços Web XML [13].

#### A. Linguagem C# (C Sharp)

De acordo com a literatura [12], as principais características essenciais do C# são:

- Simplicidade: linguagem com tantos recursos quanto o C++, porém tão simples quanto o Visual Basic.
- Completamente orientada a objetos: em C#, qualquer variável deve fazer parte de uma classe.
- Fortemente tipada: ajudam a evitar erros por manipulação imprópria de tipos, atribuições incorretas, etc.
- Gera código gerenciado: da mesma forma que o ambiente NET é gerenciado, assim o é também o C#.
- Tudo é um objeto: System Object é a classe base de todo o sistema de tipos de C#.
- Controle de versões: cada assembly gerado, seja como EXE ou DLL, tem informação sobre a versão do código, permitindo a coexistência de dois assemblies homônimos, de versões diferentes no mesmo ambiente.
- Suporte a código legado: o C# pode interagir com código legado de objetos COM e DLLs escritas em uma linguagem não gerenciada.
- Flexibilidade: se o desenvolvedor precisar usar ponteiros, a linguagem C# o permite, mas ao custo de desenvolver código não gerenciado chamado "unsafe".
- Linguagem gerenciada: os programas desenvolvidos em C# são executados em um ambiente gerenciado, o que significa que todo o gerenciamento de memória é feito pelo runtime via o GC (Garbage Collector) e não diretamente pelo programador, reduzindo as chances de erros comuns à linguagens de programação onde o gerenciamento da memória é feito diretamente pelo programador.

#### B. Linguagem HTML5

HTML5 é uma linguagem de marcação executada nos navegadores, essencial em qualquer projeto voltado para web. É através dela, que basicamente, se obtém a apresentação de conteúdo para a World Wide Web, uma vez que fornece a visualização deste conteúdo por meio de páginas executadas nos navegadores. Trouxe novas funcionalidades e diversas outras novidades que possibilitam experiências melhores e integrações tais como: um código mais simples e fácil de ler, atributos personalizados, mais TAGS para substituir scripts, independência de plataforma e redução da necessidade de plug-ins externos [14].

#### C. CSS3

O "Cascading Style Sheets" (CSS) é uma "folha de estilo" composta por "camadas" e utilizada para definir a apresentação (aparência) em páginas da internet que adotam, em seu desenvolvimento, linguagens de marcação (como XML, HTML e XHTML). O CSS define como serão exibidos os elementos contidos no código de uma página da internet e sua maior vantagem é efetuar a separação entre o formato e o conteúdo de um documento [14].

#### D. JavaScript

JavaScript é uma linguagem leve, interpretada e baseada em objetos que permitem injetar lógica em páginas escritas em HTML. No projeto, o principal uso de JavaScript é para controle de formulários, minimizando assim o acesso ao servidor e, conseqüentemente, melhorando o desempenho [10].

### III. DESENVOLVIMENTO DO SOFTWARE ENERGYSWINE

O programa ENERGYSWINE foi desenvolvido em ambiente de desenvolvimento integrado (IDE) da Microsoft para criação de softwares (Visual Studio) utilizando as linguagens C# (C Sharp), HTML5, CSS3 e JavaScript.

Para o armazenamento das informações do sistema, tais como usuário, granja, análise dos dados e resultado do cálculo do balanço energético, utilizou-se o banco de dados SQLServer, o qual foi escolhido pela facilidade de integração com a ferramenta de desenvolvimento Visual Studio, sendo, então, apresentados os parâmetros e as equações utilizadas como base para elaboração do aplicativo.

#### A. Análise de requisitos e modelagem dos dados

A partir de uma revisão da literatura, foram estabelecidos os coeficientes energéticos específicos para cada componente de entrada e saída [18], [3], [21], [23], [7], [24]. O balanço energético calculado pelo ENERGYSWINE se dá, basicamente, a partir da razão entre toda energia produzida no sistema e toda a energia consumida [24].

Conforme [9], no projeto do banco de dados, dois níveis de abstração de modelo de dados são considerados: o modelo conceitual e o modelo lógico. O modelo conceitual é uma descrição do banco de dados do Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD), pelo que é independente de implementação. Neste caso, para a representação dos dados, foi utilizada a técnica de modelagem conceitual entidade-relacionamento (ER), conforme ilustrado na Fig. 1.



Figura 1. Modelo conceitual entidade-relacionamento.

No diagrama Entidade-Relacionamento do Modelo Relacional, tudo que virou tabela foi representado por um retângulo, que contém o nome da tabela, seus atributos chaves, os tipos dos atributos chaves e a cardinalidade do modelo.

B. Tabelas com as variáveis contempladas no ENERGYSWINE

TABELA I  
DADOS DA GRANJA

Variável	Descrição do número de animais
qd_ani_gestacao	Animais na fase de gestação
qd_ani_lactacao	Animais na fase de lactação
qd_ani_maternidade	Animais na fase de maternidade
qd_ani_creche	Animais na fase de creche
qd_ani_cresc_term	Animais na fase de crescimento e terminação
qd_ani_reprodutores	Número de animais reprodutores

TABELA II  
ENERGIA DIRETA DE ENTRADA

Variável	Descrição (unidade de medida)
qd_mao_obra_mes	Mão de obra (total de horas trabalhadas por mês)
qd_kwh_ano	Quantidade de energia elétrica (consumo total em kwh por ano)
qd_racao_consumo	Consumo de ração (kg de ração consumida por mês)
qd_agua_limp_estimada	Quantidade de água utilizada para a limpeza das baias (*)
qd_oleo_diesel	Quantidade de óleo diesel gasta na propriedade (litros por mês)

(\*) Energia direta de entrada estimada conforme descrito a seguir no item D.

TABELA III  
ENERGIA INDIRETA DE ENTRADA

Variável	Descrição (unidade de medida)
peso_maq equip	Soma dos pesos das máquinas e equipamentos da propriedade (em Kg)
vol_silo	Capacidade total dos silos (ton)
qd_construcoes	Somatória das áreas de construção e instalações (em m <sup>2</sup> )
vol_lagoa	Capacidade da lagoa de estabilização (em m <sup>3</sup> )
vol_biodigestor	Capacidade do biodigestor (em m <sup>3</sup> )
qd_animais_m_descarte	Número de machos descartados por ano
qd_animais_f_descarte	Número de fêmeas descartadas por ano
qd_horas_trab_maq_eq	Somatória das horas trabalhadas de máquinas e equipamentos por semana

TABELA IV  
ENERGIA DE SAÍDA

Variável	Descrição
qd_suino_prod	Quantidade produzida de suíno (Kg de peso vivo por ano)
vol_biogas	Volume de biogás produzido (m <sup>3</sup> por mês)
vol_biofert_m3_lago	Volume de biofertilizante produzido (m <sup>3</sup> por ano)

TABELA V  
ENERGIAS EM FUNÇÃO DA VIDA ÚTIL DOS COMPONENTES

Variável	Descrição
ene_vidau_maq_eq	Energia em função da vida útil de máquinas e equipamentos
ene_vidau_instal_construc	Energia em função da vida útil das instalações e construções
ene_vidau_silo	Energia em função da vida útil do silo
ene_vidau_biodigestor	Energia em função da vida útil do biodigestor
ene_vidau_lagoa_est	Energia em função da vida útil da lagoa de estabilização

C. Questões a serem respondidas pelos usuários do ENERGYSWINE

Ao acessar a tela inicial do programa, o usuário deverá, conforme a realidade vivenciada em sua propriedade, preencher o formulário com as questões descritas a seguir. Portanto, o cálculo do balanço energético será feito de maneira personalizada segundo os dados inseridos pelo usuário.

- 1) Qual o número de animais na fase de gestação?
- 2) Qual o número de animais na fase de lactação?
- 3) Qual o número de animais na fase de maternidade?
- 4) Qual o número de animais na fase de creche?
- 5) Qual o número de animais na fase de crescimento e em terminação?
- 6) Qual o número de animais reprodutores?
- 7) Em relação à mão de obra, qual é o número total de horas trabalhadas por mês?
- 8) Qual a quantidade de energia elétrica gasta em kwh por ano?
- 9) Qual é o consumo de ração em kg gasta por mês?
- 10) Quantas vezes na semana a granja é lavada com água?
- 11) Qual a quantidade de óleo diesel em litros gasta por mês?
- 12) Qual é a soma dos pesos em kg das máquinas e equipamentos utilizados na produção dos suínos?
- 13) Qual a capacidade total do silo em m<sup>3</sup>?
- 14) Qual é a soma em m<sup>2</sup> das áreas de construções e instalações? Observação: Considerar galpões de criação, galpões para o alojamento de máquinas e equipamentos, escritório, setor sanitário, banheiros e vestiários.
- 15) Qual a capacidade em m<sup>3</sup> da lagoa de estabilização?
- 16) Qual a capacidade em m<sup>3</sup> do biodigestor?
- 17) Qual o número de machos descartados por ano (reprodutores comercializados, exceto aqueles descartados por razões sanitárias)?

18) Qual o número de animais fêmeas descartadas por ano (reprodutoras comercializadas, exceto aquelas descartadas por razões sanitárias)?

19) Qual a somatória das horas trabalhadas de máquinas e equipamentos por semana?

20) Qual a quantidade produzida de suíno em Kg de peso vivo por ano?

21) Qual o volume de biogás produzido em m<sup>3</sup> por mês?

22) Qual o volume de biofertilizante produzido por ano em m<sup>3</sup> na lagoa de estabilização?

D. Componentes de entrada e saída e seus respectivos coeficientes energéticos.

Todos os componentes de entrada e saída do sistema precisam ser convertidos em energia. Para as entradas, o ENERGYSWINE utiliza os seguintes valores de coeficientes energéticos conforme a tabela VI.

TABELA VI  
COMPONENTES DAS ENTRADAS ENERGÉTICAS REFERENTES AO SISTEMA DE PRODUÇÃO DE SUÍNOS E SEUS RESPECTIVOS COEFICIENTES ENERGÉTICOS

Componentes de entrada	Coefficiente energético	Unidade	Vida útil (anos)
Aço <sup>1</sup>	62,78	MJ kg <sup>-1</sup>	20
Água <sup>1</sup>	2,37	MJ m <sup>-3</sup>	-
Equipamentos <sup>1</sup>	83,71	MJ kg <sup>-1</sup>	30
Mão-de-obra <sup>1,2</sup>	4,39	MJ homem h <sup>-1</sup>	-
Óleo Diesel <sup>1</sup>	47,48	MJ L <sup>-1</sup>	-
Instalações <sup>3</sup>	956,03	MJ m <sup>-2</sup>	50
Ração <sup>3</sup>	17	MJ kg <sup>-1</sup>	-
Lagoa de estabilização <sup>4</sup>	2,51	MJ m <sup>-3</sup>	20
Biodigestor		MJ m <sup>-3</sup>	15
Eletricidade <sup>5</sup>	3,6	MJ kWh <sup>-1</sup>	-

Fonte: 1[18]; 2: A jornada de trabalho adotada na granja foi de 8 horas dia-1; 3[3]; 4[23]; 5[7].

Na literatura, não foram encontrados coeficientes energéticos para os biodigestores, e, dessa forma, o cálculo para se estimar seu consumo energético foi feito segundo o preconizado por [25], chegando-se ao valor de 490.179,59 MJ de energia consumida na construção.

De acordo com [11], o tempo médio de vida útil do biodigestor é de 15 anos. Após este período, são necessários novos investimentos em decorrência do uso e da depreciação dessas estruturas. Desta forma, considerando-se que o ciclo completo para a produção de suínos é de aproximadamente 150 dias, o consumo energético foi de 13.429,58 MJ ciclo<sup>-1</sup>. Considerando-se o volume total desta estrutura, ou seja,

2.146,38 m<sup>3</sup>, o índice energético determinado foi de 6,26 MJ por m<sup>3</sup>.

Já para os componentes de saída, o ENERGYSWINE utiliza os valores de coeficientes energéticos, conforme tabela VII.

TABELA VII  
COMPONENTES DAS SAÍDAS ENERGÉTICAS REFERENTES AO SISTEMA DE PRODUÇÃO DE SUÍNOS E SEUS RESPECTIVOS COEFICIENTES

Componente de saída	Coefficiente energético
Suíno vivo para o abate <sup>1</sup>	9,21 MJ kg <sup>-1</sup>
Nitrogênio do biofertilizante <sup>1</sup> (N)	73,0 MJ kg <sup>-1</sup>
Fósforo do biofertilizante <sup>1</sup> (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	13,0 MJ kg <sup>-1</sup>
Potássio do biofertilizante <sup>1</sup> (K <sub>2</sub> O)	9,0 MJ kg <sup>-1</sup>
Animal descarte	9,21 MJ kg <sup>-1</sup>
Biogás (m <sup>3</sup> )	22,35 m <sup>-3</sup>

Fonte: Adaptado de [3].

Quanto ao biofertilizante, devido a inviabilidade técnica/financeira para a caracterização físico/química dos resíduos nas propriedades (níveis de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O), o ENERGYSWINE traz consigo uma composição média em N, P e K desse material. Os valores empregados foram, a saber: 2,75 kg de N por m<sup>3</sup> de biofertilizante líquido, 0,85 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> por m<sup>3</sup> de biofertilizante líquido e 0,83 kg de K<sub>2</sub>O por m<sup>3</sup> de biofertilizante líquido [22].

#### Equações para estimativa da composição química do biofertilizante

Em relação à quantidade de nitrogênio presente no biofertilizante, o ENERGYSWINE realiza o seguinte cálculo:

#### Nitrogênio (N)

$$qd\_nitro = (fracao\_kg\_nitrog\_m3\_biofert * vol\_biofert\_m3\_lago * 0.416) \quad (1)$$

onde:

**qd\_nitro** = quantidade de N no biofertilizante (kg/m<sup>3</sup>);  
**fracao\_kg\_nitrog\_m3\_biofert** = fração de N por m<sup>3</sup> de biofertilizante (kg);

**vol\_biofert\_m3\_lago** = volume de biofertilizante na lagoa de estabilização (m<sup>3</sup>);

**0,416** = fator de correção baseado em [25];

#### Fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)

$$qd\_fosf = (fracao\_kg\_fosfo\_m3\_biofert * vol\_biofert\_m3\_lago * 0.416) \quad (2)$$

onde:

**qd\_fosf** = quantidade de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> N no biofertilizante (kg/m<sup>3</sup>);  
**fracao\_kg\_fosfo\_m3\_biofert** = fração de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> por m<sup>3</sup> de biofertilizante (kg);

**vol\_biofert\_m3\_lago** = volume de biofertilizante na lagoa de estabilização (m<sup>3</sup>);

**0,416** = fator de correção baseado em [25]

$$\text{qd\_potassio} = \frac{\text{fracao\_kg\_potas\_m3\_biofert} * \text{vol\_biofert\_m3\_lago} * 0.416}{(3)}$$

onde:

**qd\_potassio** = quantidade de K20 N no biofertilizante (kg/m<sup>3</sup>);

**fracao\_kg\_fosfo\_m3\_biofert** = fração de P205 por m<sup>3</sup> de biofertilizante (kg);

**vol\_biofert\_m3\_lago** = volume de biofertilizante na lagoa de estabilização (m<sup>3</sup>);

**0,416** = fator de correção baseado em [25]

Com relação ao consumo total de água, existe grande variação nas granjas em relação ao sistema hidráulico, equipamentos disponíveis, rotinas de higiene, desperdício, duração e frequência na limpeza das instalações. Além disso, nem sempre é fácil estimar o volume de água gasto diariamente [17]. Portanto, para aumentar a probabilidade de uso do ENERGYSWINE pelos técnicos e produtores, o usuário não precisa informar de modo direto o consumo de água na propriedade. O usuário informa outras variáveis correlacionadas de fácil mensuração e o programa estima o consumo total de água a partir do somatório dos volumes de água gastos no consumo dos animais, desperdícios de bebedouro e durante a limpeza das baias.

Segundo [17], a quantidade de água consumida pelos animais pode variar em função da fase de produção, temperatura ambiente, peso e teor de matéria seca da ração, entre outros. No ENERGYSWINE, a água ingerida pelos animais é estimada levando-se em consideração o número de animais por categoria e o consumo médio de água relatado para cada fase de produção (Tabela VIII).

TABELA VIII  
CONSUMO DIÁRIO DE ÁGUA (EM LITROS) POR SUÍNOS NAS DIFERENTES FASES DE PRODUÇÃO

Fase	Média
Leitões desmamados	3,0
Suínos de 25 a 50 kg	5,5
Suínos de 50 a 100 kg	7,5
Porcas em lactação	30,5
Porcas em gestação	19,0
Macho	12,5

Fonte: [6] adaptado por [17]

De modo geral, o gasto de água com desperdício por bebedouros depende da pressão do fluxo hidráulico, além da qualidade, instalação e eficiência de manutenção dos equipamentos [17]. A EMBRAPA, através de observações de campo, estimou uma variação de 2 a 5% dos bebedouros com problemas de vazamento contínuo em granjas de média e baixa tecnologia, respectivamente. Nesse sentido, a Tabela 9 apresenta valores médios de desperdício de água em decorrência de vazamentos nos bebedouros.

TABELA IX  
NÚMERO E DESPERDÍCIO DE ÁGUA POR BEBEDOUROS EM UMA GRANJA DE CICLO COMPLETO, DIMENSIONADA PARA 100 MATRIZES E MÉDIO NÍVEL TECNOLÓGICO

Fase	Desperdício de Água	
	L/hora	L/dia
Porcas em lactação	13,25	318
Creche	29,15	700
Crescimento/terminação	26,50	636
Gestantes	7,42	178
Machos	3,71	89

Fonte: [6].

A demanda de água para a limpeza e higiene das baias irá depender do sistema e equipamento empregado, da pressão hidráulica, da frequência e da experiência do operador. A Tabela X sintetiza o tempo gasto e a demanda média de água para a limpeza e higiene dos animais, dos equipamentos e das instalações de uma unidade de produção com média tecnologia.

TABELA X  
TEMPO MÉDIO GASTO E DEMANDA DE ÁGUA PARA LIMPEZA NUMA GRANJA DE CICLO COMPLETO COM MÉDIA TECNOLOGIA E DIMENSIONADO PARA 100 MATRIZES, DE ACORDO COM A FASE

Fase	Tempo gasto (min/cabeça/ dia)	Demanda de Água (L/cabeça/dia)
Porcas em lactação	1,93	21,23
Creche	0,26	2,86
Crescimento/terminação	0,25	2,75
Gestantes	0,32	3,52
Machos	0,27	2,97

Fonte: [17].

Para os cálculos da depreciação energética relativa às máquinas e equipamentos, a metodologia adotada baseou-se parcialmente em [16]. Os cálculos de energia indireta embutida foram baseados na massa multiplicada pelos seus respectivos coeficientes energéticos. Na sequência, o resultado é multiplicado pelas horas de utilização e relativizado em função da vida útil.

**Fórmula para o cálculo da depreciação em função da vida útil.**  

$$\text{ene\_vidau\_maeq} = \text{pes\_maq\_eq} * \text{ce\_maq\_eq} * \text{qd\_hs\_trab\_maq\_eq} * 20 / \text{vida\_utmaq\_eq\_hs} \quad (4)$$

onde:

**ene\_vidau\_maq\_eq** = total de energia indireta em função da vida útil de máquinas e equipamentos (MJ.h-1);

**peso\_maq\_equip** = peso de máquinas e equipamentos (kg);

**ce\_maq\_eq** = CE de máquinas e equipamentos (kg.h-1);

**qd\_horas\_trab\_maq\_eq** = quantidade de horas trabalhadas por semana de máquinas e equipamentos multiplicado por 20 que é número de semanas no ciclo (h);

**vida\_util\_maq\_eq\_hs** = vida útil de máquinas e equipamentos de acordo com o manual (h);

Cálculo semelhante é utilizado para a estimativa de vida útil e depreciação dos silos, instalações, biodigestores e lagoas de estabilização. Para a conversão de 1m<sup>3</sup> de silo (aço) em kg, foram utilizadas as informações técnicas disponibilizadas pela CASP (Companhia Avícola São Paulo), nas quais um silo em aço com capacidade para 7000 kg de ração e volume 10,93 m<sup>3</sup> com altura de 5 m possui um peso de 476 kg. A partir destes dados, utilizando-se regra de três simples, tem-se que 1m<sup>3</sup> de silo em aço equivale a 43,54 kg de aço.

#### Fórmula para cálculo do volume do silo em kg

$$\text{vol\_silo\_kg} = \text{vol\_silo} * \text{un\_kg\_m3\_silo} \quad (5)$$

onde:

**vol\_silo\_kg** = volume do silo (kg);

**vol\_silo** = capacidade do silo (m<sup>3</sup>);

**un\_kg\_m3\_silo** = unidade em kg por m<sup>3</sup> de silo;

#### IV. RESULTADOS

O desenvolvimento de um sistema para utilização via Web apresenta várias vantagens, destacando-se a facilidade no acesso, já que em qualquer lugar do mundo é possível consultar as informações a partir de um navegador. Além disso, o sistema via Web não necessita de grande capacidade de processamento ou de instalação local no usuário, facilitando a atualização e manutenção por ser instalado somente em um computador (servidor). Por fim, independe de sistema operacional específico para sua execução, podendo ser utilizado em qualquer dispositivo dotado de um navegador web [4].

Desde o início da elaboração do software ENERGYSWINE, preocupou-se em desenvolver um sistema com uma interface simples, permitindo sua utilização até mesmo por usuários com conhecimentos técnicos limitados em relação ao uso de sistemas via Web, considerando que o programa desenvolvido deve ser de fácil navegação para que o usuário consiga encontrar o mais rápido possível o que procura [19].

Na tela principal do aplicativo, no canto superior esquerdo há uma barra de menu com os seguintes itens: “Home”, “Sobre”, “Serviços” e “Contato”. No canto superior direito encontram-se os ícones de “Registre-se” e “Entrar” (Fig. 2).



Figura 2. Tela inicial do programa ENERGYSWINE.

O acionamento do ícone “Home” permite que o usuário retorne para a página inicial. O ícone “Sobre” contempla informações sobre o software. No ícone “Serviços” é descrita a finalidade de uso do software. O desenvolvedor do software pode ser contatado pelas informações descritas em “Contato”.

Para que o usuário possa acessar o sistema é obrigatório que anteriormente ele tenha se cadastrado no sistema em “Registre-se”. Estando cadastrado, o usuário deve clicar em “Entrar” e digitar seu nome ou email e senha para acesso (Fig. 3).

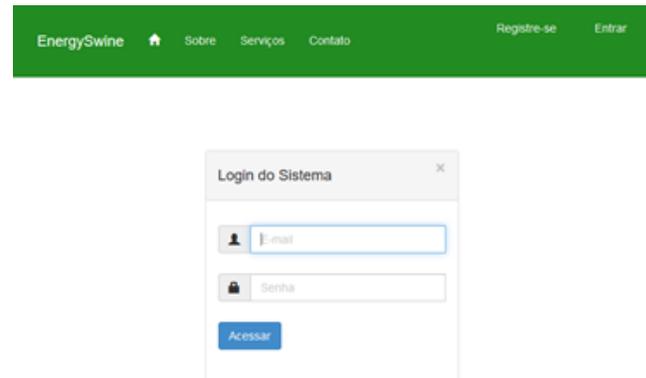


Figura 3. Tela de login do programa ENERGYSWINE.

Entrando no sistema, o usuário irá passar à tela de menu do cliente, com duas opções: “Informações da conta” - com os dados da conta do cliente e “Gerenciar granjas” - onde se pode fazer a inclusão e deleção de granjas, além de efetuar o cálculo do balanço energético propriamente dito (Fig. 4).

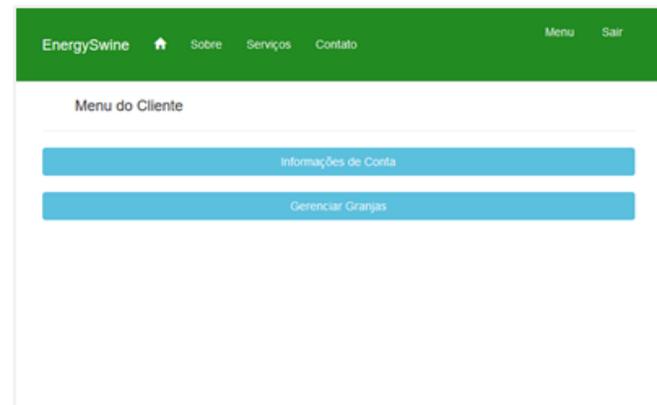


Figura 4. Tela com menu de “Informações da conta” e “Gerenciar granjas” do programa ENERGYSWINE.

Clicando sobre o botão “Gerenciar Granjas”, será exibida uma tela com um botão “Cadastrar Granja”. Logo abaixo, serão listadas as unidades de produção de suínos (UPS) já cadastradas e os seguintes botões com as opções: “Editar/Visualizar” - para editar os dados de uma determinada UPS; “Deletar” - para excluir uma granja cadastrada; “Ver balanços calculados” - para emissão do relatório final do balanço energético; e “Calcular Balanço” - para efetuar um novo cálculo de balanço energético (Fig. 5).

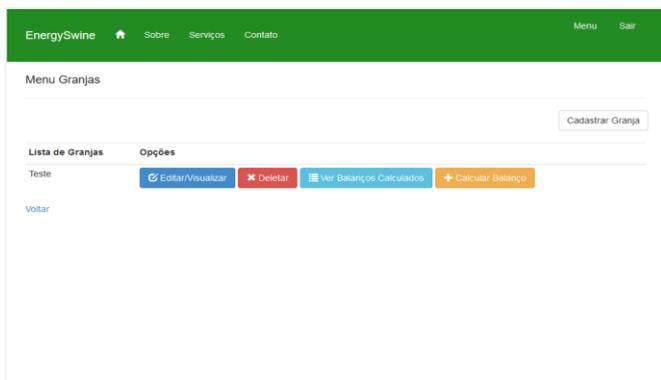


Figura 5. Menu “Granjas” do programa ENERGYSWINE.

Ao clicar no botão “Cadastrar Granja” uma nova tela irá se abrir exibindo o formulário para preenchimento das informações relativas à granja que se deseja avaliar (Fig. 6). O usuário deverá responder às 22 questões descritas no subitem C do item III do presente artigo. O preenchimento dos campos deverá ser feito pelo usuário conforme os dados referentes à propriedade (ou granja) em avaliação.

Figura 6: Tela de questões para o cálculo do balanço energético utilizando o programa ENERGYSWINE.

Após o preenchimento de todos os campos de respostas, o software fará o cálculo do balanço energético da granja e o usuário poderá visualizar e imprimir o relatório com o resumo dos balanços energéticos já efetuados clicando no botão “Relatórios” (Fig. 7).

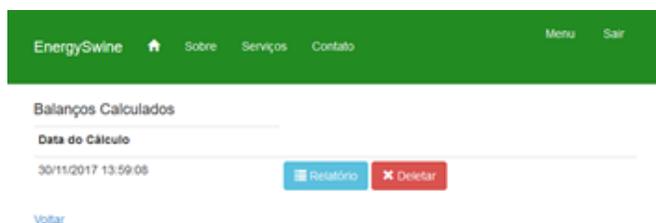


Figura 7. Tela de “Balanços calculados” do programa ENERGYSWINE.

Na Fig. 8 é possível observar a captura de tela do ENERGYSWINE que exemplifica os resultados referentes ao cálculo do balanço energético de uma granja hipotética.

RESUMO BALANÇO ENERGÉTICO PRODUÇÃO DE SUÍNOS	
Data do Cálculo :	30/11/2017 13:59:08
Água gasta na limpeza e desperdício dos bebedouros(lts):	432687436,6
A somatória da quantidade de água exigida por fase no ciclo:	8789325
O total de água gasta no ciclo em todo processo(lts) :	441476763,6
A somatória das energias de ENTRADA :	31757343,173124
A somatória das energias de SAÍDA :	16539179,546736
O valor da energia para produção(kg/suíno):	52,0798590000847
O valor da eficiência energética :	0,520798590000847
PERCENTUAL DE ENERGIA DIRETA DE ENTRADA	
Mão de obra (h) - Total ENE(MJ) :	33715,2

Figura 8. Relatório resumo do balanço energético de uma granja hipotética calculado pelo programa ENERGYSWINE

Por fim é importante ressaltar que o software cria um banco de dados com as informações das granjas cadastradas e com os balanços energéticos efetuados, possibilitando a avaliação o desempenho de uma única granja no decorrer dos anos, bem como a comparação com outras granjas.

## V. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O software ENERGYSWINE demonstrou ser uma ferramenta adequada para se calcular de maneira rápida e fácil o balanço energético de sistemas de produção de suínos. Como perspectivas futuras, novos trabalhos poderão ser desenvolvidos a fim de incorporar novos módulos e relatórios em versões atualizadas do ENERGYSWINE. O desenvolvimento do aplicativo para plataformas móveis como Android, iOS e Windows Phone também representam novas possibilidades de uso do programa.

## AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Mestrado Profissional em Sistemas de Produção da Universidade José do Rosário Vellano, UNIFENAS, e à Universidade Federal de Alfenas, UNIFAL-MG, pelo apoio no desenvolvimento deste trabalho.

## REFERÊNCIAS

- [1] Associação Brasileira de Proteína Animal, Disponível em: <<http://abpa-br.com.br/>>. Acesso em: 01 nov.2017.
- [2] E. P. Affonso; C. T. Hashimoto; R. C. G. Santana. "Uso de tecnología de la información en la agricultura familiar: planilla para gestión de insumos," *Biblios: Journal of Librarianship and Information Science*, Brasília, n. 60, pp. 45-54, 2015. Disponível em: <<https://biblios.pitt.edu/ojs/index.php/biblios/article/view/221/233>>. Acesso em: 02 set. 2016.
- [3] A. Angonese et al, "Eficiência energética de sistema de produção de suínos com tratamento dos resíduos em biodigestor," *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, vol.10, n.3, pp.745-750, jul./set., 2006.
- [4] M. P. Bax, "As bibliotecas na web e vice-versa," *Perspectivas em Ciência da Informação*, Belo Horizonte, vol. 3, n. 1, pp. 5-20, jan./jun.,1998.
- [5] Bezerra et al. "Uso de biodigestores na suinocultura," *Revista Eletrônica Nutritime*, v.11 ,n. 5, pp. 3714-3722, set./out., 2014.
- [6] G. R. Bodman, "Evaluation of housing and environmental adequacy: principles and concepts," Lincoln, Cooperative Extension at the University of Nebraska, 1994.
- [7] Brasil, Ministério de Minas e Energia, "Balanço energético nacional 2011: ano base 2010," Brasília, MME/EPE, 2011.
- [8] A. T. Campos, A. T. Campos, "Balanços energéticos agropecuários: uma importante ferramenta como indicativo de sustentabilidade de agroecossistemas." *Ciência Rural*, Santa Maria, vol.34, n.6, pp.1977-1985, 2004.
- [9] J. F. Cirino, L. V. P. Faria, "Biodigestor para geração de energia elétrica a partir da suinocultura: análise de viabilidade para um sítio em Coimbra-MG," *Revista de Ciências Humanas, Viçosa*, vol.13, n.2, pp. 421-440, 2013.
- [10] P., Cougo, "Modelagem conceitual e projeto de bancos de dados", Rio de Janeiro, Editora Campus, 1997.
- [11] D. Flanagan, "JavaScript: o guia definitivo", Porto Alegre, Bookmam, 4ª edição, 2004.
- [12] E. Lima, E. Reis, "C# e .Net: guia do desenvolvedor", Rio de Janeiro, Editora Campus, 2012.
- [13] H. Loureiro, "C# 4.0 com visual studio 2010: curso completo", Lisboa, FCA, 2011.
- [14]L. Mazza, "HTML5 e CSS3: domine a web do futuro", São Paulo, Casa do Código, 2012.
- [15] A. N. T. R. Monteiro et al, "Applying precision feeding to improve the nitrogen efficiency of swine production: a review of possible practices and obstacles," *Ciência Rural*, Santa Maria RS, vol. 47, n. 7, pp.1-9 , 2017.
- [16] C. R. Moreira, "Avaliação energética do cultivo de eucalipto, com e sem composto de lixo urbano," *Revista Energia na Agricultura*, Botucatu, vol. 20, n. 4, pp. 1-19, 2005.
- [17] C. C. Perdomo, P. A. V. Oliveira, A. Kunz, "Metodologia sugerida para estimar o volume e a carga de poluentes gerados em uma granja de suínos," Concórdia, Embrapa Suínos e Aves, 2003.(Comunicado Técnico)
- [18] D. Pimentel, "Handbook of energy utilization in agriculture," USA, CRC Press, 1980.
- [19] H. V. Rocha, M. C. Baranauskas, "Design e avaliação de interfaces humano-computador," [s.l.], NIED, 2003.
- [20] Rockenbach et al., "Viabilidade econômica da produção de biogás em granjas de suínos, por meio da análise de séries temporais," *Revista Ciência Rural*, Santa Maria, vol.46, n.7, pp.1295-1300, jul., 2016.
- [21] T. M. B. Santos, J. Lucas Junior, F. M. Silva, "Avaliação do desempenho de um aquecedor para aves adaptado para utilizar biogás como combustível," *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, vol.27, n.3, pp.658-664, set./dez., 2007.
- [22] A. A. Silva et al., "Fertilização com dejetos suínos: influência nas características bromatológicas da *Brachiaria decumbens* e alterações no solo," *Engenharia Agrícola*, vol. 35, n. 2, pp. 254-265, 2015.
- [23] C. V. Souza et al., "Análise energética em sistema de produção de suínos com aproveitamento dos dejetos como biofertilizante em pastagem," *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, vol.29, n.4, pp.547-557, out./dez., 2009.
- [24] A. V. Veloso, "Análise ambiental e energética de sistema de produção de suínos com tratamento de dejetos em biodigestor," 2014, 193pp, Tese, Doutorado em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- [25] A. V. Veloso et al., "Energetic efficiency of a production system in swine deep bed," *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, vol.32, n.6, pp.1068-1079, nov./dez., 2012.
- [26] N. C. Weber et al., "Efeito da adição de casca de arroz na decomposição anaeróbica de dejetos suínos sobre os teores de macro e micro nutrientes," *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável*, vol.7, n.1, pp.51-58, mar., 2017.
- [27] T. Zoranovic, N. Novkovic, "Information system for small pig farm," *Procedia Technology*, vol. 8, pp. 544-549, 2013.

