

**LORENA DE MORAES BERNARDI**

**AVALIAÇÃO ENERGÉTICA DE DOIS SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE MILHO  
(*Zea mays* L.)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências (área do conhecimento: Ambiente Físico e Dinâmica de Agroecossistemas).

Orientador: Hélio Debli Casalinho

Co-orientador: Luis A. Veríssimo Corrêa

**Pelotas, 2008**

**Banca examinadora:**

Prof. Dr. Helvio Debli Casalinho (Orientador)

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Marta Elena Gonzalez Mendez

Pesq. Dr. Jose Ernani Schwengber

**Suplente:**

Prof. Dr. Edgar Ricardo Schoffel

**Dedicatória:**

Impossível não dedicar esse trabalho, assim como todos os que virão após este, aos meus pais como prova da minha gratidão, e à memória de um grande colega, cujas mãos, marcadas pelo trabalho no campo, são imagem constante na minha vida. Ao meu querido avô, o Engenheiro Agrônomo João Carlos de Moraes.

### **Agradecimento:**

Agradeço aos meus familiares e amigos, alicerces da minha caminhada. Ao meu orientador, Dr. Hélio Debli Casalinho, pela orientação, atenção, dedicação e amizade. Ao meu co-orientador, Dr. Luis A. Veríssimo Corrêa pelos conhecimentos passados durante a elaboração do trabalho. Agradeço também aos senhores agricultores Sr. Alzir Bruscato e seu filho Márcio, Sr. Flavio Bernardi e Ronaldo Crochemore, pessoas cuja atuação e colaboração foram de fundamental importância para a concretização dessa pesquisa e, conseqüentemente, para a conclusão do projeto. À professora Maria Luísa Fernandes da Ponte pela correção lingüística desse trabalho e não menos importante agradeço ao CNPq pela oportunidade e concessão da bolsa de mestrado.

**Epígrafe:**

O que você é ecoa em meus ouvidos com tanta força que não consigo ouvir o que você diz.

*Stephen R. Covey*

## Resumo

Bernardi, Lorena de Moraes. **Avaliação energética de dois sistemas de produção de milho**. 2008. 79f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar. Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

O consumo de energia num sistema de produção é um dos aspectos mais preocupantes na atividade agrícola. Nesse sentido, o cálculo do balanço energético se constitui numa das mais importantes ferramentas quando se quer avaliar a sustentabilidade de agroecossistemas. O presente trabalho teve como objetivo avaliar o consumo e a produção de energia em dois sistemas de produção de milho, um de base ecológica e outro convencional, desenvolvidos em duas propriedades agrícolas, ambas localizadas no município de Pelotas/RS. Questionários modificados de Marchioro (1985), foram aplicados aos agricultores, com a finalidade de caracterizar as unidades de produção, a composição das famílias, as horas dedicadas à cada operação e práticas de manejo e tipos e quantidade de insumos utilizados. Com embasamento na literatura científica existente, foram identificados os equivalentes energéticos que se fazem presentes nas etapas dos processos de produção, os quais permitiram mensurar o consumo (*input*) de energia (atividade humana/animal, agroquímicos, combustível...) e a energia produzida (*output*) pela biomassa oriunda dos respectivos sistemas, a qual foi obtida através da colheita de uma amostra da população de plantas de milho escolhidas ao acaso, que após passarem por processos de secagem e pesagem em laboratório forneceram dados representativos da produção total de biomassa nas áreas cultivadas, dados esses que foram por fim convertidos em equivalentes energéticos de produção. As entradas e saídas de energia em ambos os sistemas foram relacionadas e originaram seus respectivos balanços energéticos. O consumo de energia total em 1 (um) hectare do sistema de produção de base ecológica (1,38 MJ) é menor que em 1 (um) hectare do convencional (5.789,10 MJ) e a produção de energia na mesma área mostrou-se maior no sistema de produção de base ecológica (321.225,30 MJ) que no convencional (169.055,02 MJ). Confirmou-se que o balanço energético no sistema de produção de base ecológica (232,93) é mais eficiente se comparado ao convencional (29,20).

Palavras-chave: Avaliação energética. Sistemas de produção. Milho.

## Abstract

Bernardi, Lorena de Moraes. **Avaliação energética de dois sistemas de produção de milho**. 2008. 79f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar. Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

Consumption of energy in a system of production is one of the most worrying things in agricultural activity. Accordingly, the calculation of the energy balance is one of the most important tools when you want to assess the sustainability of agroecosystems. This study aimed to evaluate the consumption and production of energy in two systems of production of corn, one of ecological base and other conventional, developed in two agricultural properties, both located in Pelotas/RS. Questionnaires modified in Marchioro (1985), were applied to farmers, with the aim of characterizing the production units, the composition of families, the hours devoted to each operation and management practices and types and quantity of inputs used. By the existing scientific literature, the equivalent energy were identified that are present in the stages of production processes, which led to measure the consumption (input), energy (human / animal activity, agricultural chemicals, fuel ...) and the energy produced (output) for biomass derived from their systems, which was obtained through the collection of a sample of the population of corn plants chosen at random, which after passing through processes of drying and weighing in laboratory provided data representative of the total production of biomass in cultivated areas, data which were finally converted into equivalent energy production. The entrances and exits of energy in both systems were related and led their respective energy balances. The total consumption of energy in 1 (one) hectare of the ecological base system of production (1,38 MJ) is lower than in 1 (one) hectare of conventional system (5.789,10 MJ) and energy production in the same area proved to be greater in the production system of ecological base (321.225,30 MJ) than in conventional (166.055,02 MJ). It was confirmed that the energy balance in the ecological base system of production (232,93) is most effective when compared to the conventional system (29,20).

Keywords: Energy evaluation. Production systems. Corn.

## Lista de figuras

- Figura 1 - Contribuição das atividades no consumo de energia total do sistema de produção de milho da unidade de produção de base ecológica, localizada no Passo do Pilão, 6º distrito de Pelotas/RS, 2008.....500
- Figura 2 - Contribuição das atividades no consumo de energia total da unidade de produção convencional, localizada no Rincão do Andrade, 7º distrito de Pelotas/RS, 2008. ....500
- Figura 3 - Porcentagem do rendimento por peso de biomassa por amostragem da unidade de produção de base ecológica, localizada no Passo do Pilão, 6º distrito de Pelotas/RS, 2008. ....502
- Figura 4 - Porcentagem do rendimento por peso de biomassa por amostragem da unidade de produção convencional, localizada no Rincão do Andrade, 7º distrito de Pelotas/RS, 2008. ....502

## Lista de tabelas

Tabela 1 - Uso da terra na unidade de produção de base ecológica, localizada no Passo do Pilão, 6º distrito de Pelotas/RS, 2008.....	31
Tabela 2 - Máquinas e equipamentos existentes na unidade de produção de base ecológica, localizada no Passo do Pilão, 6º distrito de Pelotas/RS, 2008.....	32
Tabela 3 - Uso da terra na unidade de produção convencional, localizada no Rincão do Andrade, 7º distrito de Pelotas/RS, 2008. ....	33
Tabela 4 - Máquinas e equipamentos existentes na unidade de produção convencional, localizada no Rincão do Andrade, 7º distrito de Pelotas/RS, 2008. ....	33
Tabela 5 - Equivalentes energéticos de formulados, corretivo e combustível. ....	34
Tabela 6 - Equivalentes energéticos de mão-de-obra.....	35
Tabela 7 - Equivalentes energéticos de trabalho. ....	35
Tabela 8 - Equivalentes energéticos do milho.....	37
Tabela 9 - Consumo de energia da atividade roçada na unidade de produção de base ecológica, localizada no Passo do Pilão, 6º distrito de Pelotas/RS, 2008. ....	38
Tabela 10 - Consumo de energia da atividade aração na unidade de produção de base ecológica, localizada no Passo do Pilão, 6º distrito de Pelotas/RS, 2008. ....	38
Tabela 11 - Consumo de energia da atividade calagem na unidade de produção de base ecológica, localizada no Passo do Pilão, 6º distrito de Pelotas/RS, 2008. ....	39
Tabela 12 - Consumo de energia da atividade calagem na unidade de produção de base ecológica, localizada no Passo do Pilão, 6º distrito de Pelotas/RS, 2008. ....	39

Tabela 13 - Consumo de energia da atividade capina na unidade de produção de base ecológica, localizada no Passo do Pilão, 6º distrito de Pelotas/RS, 2008. ....	40
Tabela 14 - Consumo de energia da atividade semeadura na unidade de produção de base ecológica, localizada no Passo do Pilão, 6º distrito de Pelotas/RS, 2008. ...	40
Tabela 15 - Consumo de energia total do sistema de produção de milho na unidade de produção de base ecológica, localizada no Passo do Pilão, 6º distrito de Pelotas/RS, 2008. ....	41
Tabela 16 - Consumo de energia da atividade aração na unidade de produção convencional, localizada no Rincão do Andrade, 7º distrito de Pelotas/RS, 2008. ...	41
Tabela 17 - Consumo de energia da atividade calagem na unidade de produção convencional, localizada no Rincão do Andrade, 7º distrito de Pelotas/RS, 2008. ...	42
Tabela 18 - Consumo de energia da atividade gradagem na unidade de produção convencional, localizada no Rincão do Andrade, 7º distrito de Pelotas/RS, 2008. ...	42
Tabela 19 - Consumo de energia da atividade capina química na unidade de produção convencional, localizada no Rincão do Andrade, 7º distrito de Pelotas/RS, 2008. ....	43
Tabela 20 - Consumo de energia da atividade adubação e semeadura na unidade de produção convencional, localizada no Rincão do Andrade, 7º distrito de Pelotas/RS, 2008. ....	43
Tabela 21 - Consumo de energia total do sistema de produção de milho na unidade de produção convencional, localizada no Rincão do Andrade, 7º distrito de Pelotas/RS, 2008. ....	44

Tabela 22 - Consumo de energia nos sistemas de produção de milho base ecológica (SPBE) e convencional (SPC).....	44
Tabela 23 - Caracterização da área cultivada na unidade de produção de base ecológica, localizada no Passo do Pilão, 6º distrito de Pelotas/RS, 2008.....	45
Tabela 24 - Peso de biomassa por amostragem na unidade de produção de base ecológica, localizada no Passo do Pilão, 6º distrito de Pelotas/RS, 2008.....	45
Tabela 25 - Produção de energia por amostragem na unidade de produção de base ecológica, localizada no Passo do Pilão, 6º distrito de Pelotas/RS, 2008.....	45
Tabela 26 - Produção de energia total (MJ) na unidade de produção de base ecológica, localizada no Passo do Pilão, 6º distrito de Pelotas/RS, 2008.....	45
Tabela 27 - Caracterização da área cultivada na unidade de produção convencional .....	46
Tabela 28 - Peso de biomassa por amostragem na unidade de produção convencional. ....	46
Tabela 29 - Produção de energia por amostragem na unidade de produção convencional, localizada no Rincão do Andrade, 7º distrito de Pelotas/RS, 2008. ...	46
Tabela 30 - Produção de energia total (MJ) na unidade de produção convencional, localizada no Rincão do Andrade, 7º distrito de Pelotas/RS, 2008. ....	47
Tabela 31 – Produção de energia nos sistemas de produção de milho base ecológica (SPBE) e convencional (SPC).....	47
Tabela 32 - Balanço energético na unidade de produção de base ecológica, localizada no Passo do Pilão, 6º distrito de Pelotas/RS, 2008.....	47

Tabela 33 - Balanço energético na unidade de produção convencional, localizada no Rincão do Andrade, 7º distrito de Pelotas/RS, 2008. ....	48
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

## Sumário

1	Introdução.....	16
2	Revisão de literatura.....	23
2.1	Agricultura e energia.....	23
2.2	Balanco energético como ferramenta na estimativa do grau de sustentabilidade de agroecossistemas.....	24
3	Material e Métodos .....	28
3.1	Material.....	28
3.1.1	Geografia do município de Pelotas/RS.....	28
3.1.1.1	Localização.....	28
3.1.1.2	Clima.....	29
3.1.1.3	Relevo.....	30
3.1.1.4	Formação distrital de Pelotas.....	30
3.1.2	Caracterização da unidade de produção de base ecológica .....	31
3.1.3	Caracterização da unidade de produção convencional .....	32
3.2	Métodos.....	33
3.2.1	Valores energéticos de insumos.....	34
3.2.2	Valores energéticos de mão-de-obra.....	35
3.2.3	Produção de energia pós-colheita .....	35
3.2.4	Determinação do peso seco das amostras.....	36
3.2.4.1	Determinação do peso seco da parte aérea (exceto grãos) .....	36
3.2.4.2	Determinação do peso seco de grãos .....	36
3.2.5	Cálculo do balanço energético dos sistemas de produção.....	37
4	Resultados.....	38
4.1	Consumos energéticos do sistema de produção de milho na unidade de produção de base ecológica.....	38
4.1.1	Roçada .....	38

4.1.2	Aração .....	38
4.1.3	Calagem .....	39
4.1.4	Gradagem.....	39
4.1.5	Capina .....	39
4.1.6	Semeadura .....	40
4.1.7	Colheita.....	40
4.1.8	Consumo de energia total do sistema de produção de milho na unidade de produção de base ecológica.....	40
4.1.9	Consumo de energia por hectare do sistema de produção de milho na unidade de produção de base ecológica.....	41
4.2	Consumos energéticos do sistema de produção de milho na unidade de produção convencional .....	41
4.2.1	Aração .....	41
4.2.2	Calagem .....	42
4.2.3	Gradagem.....	42
4.2.4	Capina Química .....	42
4.2.5	Adubação e Semeadura .....	43
4.2.6	Colheita.....	43
4.2.7	Consumo de energia total do sistema de produção de milho na unidade de produção convencional .....	43
4.2.8	Consumo de energia por hectare do sistema de produção de milho na unidade de produção convencional.....	44
4.3	Consumo de energia total para os dois sistemas de produção .....	44
4.4	Produção de energia na unidade de produção de base ecológica .....	44
4.4.1	Caracterização da área cultivada .....	44
4.4.2	Produção de biomassa por amostragem .....	45
4.4.3	Produção de energia por amostragem .....	45
4.4.4	Produção total de energia (MJ).....	45

4.4.5	Produção total de energia por hectare (MJ).....	45
4.5	Produção de energia na unidade de produção convencional .....	46
4.5.1	Caracterização da área cultivada .....	46
4.5.2	Produção de biomassa por amostragem .....	46
4.5.3	Produção de energia por amostragem .....	46
4.5.4	Produção total de energia (MJ).....	47
4.5.5	Produção total de energia por hectare (MJ).....	47
4.6	Produção de energia total para os dois sistemas de produção .....	47
4.7	Balanço energético nas unidades de produção .....	47
4.7.1	Balanço energético na unidade de produção de base ecológica.....	47
4.7.2	Balanço energético na unidade de produção convencional.....	48
5	Discussão .....	49
6	Conclusões.....	49
	Referências .....	49
	Apêndices.....	49
	Anexos .....	72

## 1 Introdução

Na Pré-história, em torno de 12.000 a.C., surgiram as primeiras formas de agricultura e pecuária, junto com a formação das primeiras aldeias agrícolas. Nesse período, o uso do fogo e do esterco animal passou a fazer parte do cotidiano dos aglomerados urbanos que deram origem às cidades.

No Brasil, antes da chegada dos portugueses, as populações indígenas que viviam no litoral alimentavam-se, basicamente, de peixes e crustáceos, abundantes na costa brasileira, que, na forma de restos alimentares, deram origem aos fósseis chamados de sambaquis<sup>1</sup>.

Segundo De Jesus (1985), os colonizadores europeus, desde o século XVI, contribuíram com a devastação da vegetação litorânea brasileira, iniciada com a exportação do pau-brasil e posteriormente com as culturas de exportação (*plantations*), como a cana-de-açúcar, seguida pela pecuária extensiva, passando pelos ciclos do ouro e a exploração do café. Toda a economia era voltada para a exportação. Um continente com terras inexploradas há milhões de anos seria extremamente fértil a qualquer tipo de exploração agrícola. Até porque, conforme escreveu Pero Vaz de Caminha<sup>2</sup>; "...em se plantando tudo dá...".

A demanda por alimentos decorrente do crescimento populacional no período pós-colônia culminou com a queda da fertilidade dos solos, que utilizados após anos com sucessivas culturas, ocasionou, justamente, entre outros problemas, a escassez de alimentos. Nesse sentido, no continente europeu por volta dos séculos XVII e XIX, intensificou-se a adoção de sistemas de rotação de culturas com plantas forrageiras (gramíneas e leguminosas) e as atividades de pecuária e agricultura se integraram. Esta fase foi conhecida como Primeira Revolução Agrícola<sup>3</sup>.

---

<sup>1</sup> Sambaqui (do tupi tamba'kĩ; literalmente "monte de conchas") são depósitos criados pelo homem constituídos por materiais orgânicos, calcários, empilhados ao longo do tempo e sofrendo a ação da intempérie, que acaba por promover uma fossilização química, pois a chuva deforma as estruturas dos moluscos e dos ossos enterrados, difundindo o cálcio em toda a estrutura e petrificando os detritos e ossadas porventura ali existentes.

<sup>2</sup> Missivista português, nascido provavelmente no Porto, responsável pela redação do primeiro documento da história do Brasil, a famosa *carta de Pero Vaz de Caminha* ao rei D. Manuel I, relatando o primeiro encontro dos portugueses com os nativos brasileiros, datada de Porto Seguro, sexta-feira, 1º de maio de 1500.

<sup>3</sup> A primeira 'Revolução Agrícola' aconteceu ao redor de 1800 e associou a criação de animais à agricultura, trazendo um grande aumento da produção devido ao uso dos excrementos dos

No final do século XIX e início do século XX, os problemas de escassez crônica de alimentos em solos europeus intensificaram-se, levando a uma série de inovações científicas e tecnológicas como fertilizantes químicos, melhoramento genético, máquinas e motores a combustão. Essas inovações possibilitaram o progressivo abandono das antigas práticas, levando a uma especialização dos agricultores tanto nas culturas quanto nas criações.

Segundo De Jesus (1996), inaugurava-se uma nova fase nos sistemas agropecuários, na qual a forma de conceber e gerenciar a atividade rural passa a ser chamada de Agricultura Industrial, Agricultura Convencional ou Agricultura Química. Esta fase é denominada Segunda Revolução Agrícola.

Em meados do século XVIII e no século XIX, após um crescimento contínuo da grande lavoura de exportação (cana-de-açúcar), que se confundiu com a expansão do café pelas serras e vales do interior da província do Rio de Janeiro, começaram a aparecer sinais evidentes de que a agricultura brasileira vivia uma profunda crise. Essa crise era atribuída, sobretudo, à falta de braços (fim da escravidão) e de capital, além do atraso técnico e administrativo na condução das lavouras.

A maioria dos grandes proprietários acreditava na exploração extensiva dos sistemas de produção, através da expansão das fronteiras agrícolas, abandonando as lavouras atuais, quando estas não tivessem mais produtividade satisfatória, e indo em busca de novas áreas, reiniciando, assim, o ciclo de exploração da fertilidade dos solos. Essa era a cultura nômade de expropriação do solo brasileiro, em cujas conseqüências negativas dos manejos agropecuários empregados, especialmente no que diz respeito à destruição florestal, pouco se pensava.

A agricultura moderna tem sua origem ligada às descobertas do século XIX, a partir de estudos de Saussure (1797-1845), Boussingault (1802-1887) e Liebig (1803-1873), que derrubaram a teoria do húmus, segundo a qual as plantas obtinham seu carbono a partir da matéria orgânica do solo.

Liebig difundiu a idéia de que o aumento da produção agrícola seria diretamente proporcional à quantidade de substâncias químicas incorporadas ao solo. Toda a credibilidade atribuída às descobertas de Liebig deu-se ao fato de

---

animais para adubação das lavouras e a rotação de plantas forrageiras com os campos cultivados. (Ehlers, 1986)

estarem apoiadas em comprovações científicas. Junto com Jean-Baptiste Boussingault, que estudou a fixação de nitrogênio atmosférico pelas plantas leguminosas, Liebig é considerado o maior precursor da "agroquímica" (EHLERS, 1996:22). Essas descobertas, segundo Ehlers (1996), marcam o fim de uma longa data, da Antiguidade até o século XIX, em que o conhecimento agrônomo era essencialmente empírico. A nova fase foi caracterizada por um período de rápidos progressos científicos e tecnológicos.

No início do século XX, Louis Pasteur (1822-1895), Serge Winogradsky (1856-1953) e Martinus Beijerinck (1851-1931), precursores da microbiologia dos solos, dentre outros, contribuíram com mais fundamentos científicos que fizeram uma contraposição às teorias de Liebig, ao provarem a importância da matéria orgânica nos processos produtivos agrícolas (EHLERS, 1996:24-25).

Contudo, mesmo com o surgimento de comprovações científicas a respeito dos equívocos de Liebig, os impactos de suas descobertas haviam extrapolado o meio científico e ganhado força nos setores produtivo, industrial e agrícola, abrindo um amplo e promissor mercado: o de fertilizantes "artificiais" (FRADE, 2000: 17).

Na medida em que certos componentes da produção agrícola passaram a ser produzidos pelo setor industrial, ampliaram-se as condições para o abandono dos sistemas de rotação de culturas e da integração da produção animal à vegetal; que passaram a ser realizadas separadamente (FRADE, 2000).

A expansão da nova agricultura, a chamada Revolução Verde, deu-se rapidamente, quase sempre apoiada por órgãos governamentais, pela maioria dos engenheiros agrônomos e pelas empresas produtoras de insumos (sementes híbridas<sup>4</sup>, fertilizantes sintéticos e agroquímicos) além do incentivo de organizações mundiais como o Banco Mundial, o Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), a United States Agency for International Development (USAID - Agência Norte Americana para o Desenvolvimento Internacional), a Agência das Nações Unidas para a Agricultura e a Alimentação (FAO), dentre outras (EHLERS, 1996:34).

Segundo Ehlers (1993), junto com as inovações, o "pacote tecnológico" da Revolução Verde criou uma estrutura de crédito rural subsidiado e, paralelamente, uma estrutura de ensino, pesquisa e extensão rural associadas a esse modelo que a

---

<sup>4</sup> Semente originada do cruzamento entre plantas de diferentes linhagens.

partir da década de 60 começava a dar sinais de sua exaustão: desflorestamento, diminuição da biodiversidade, erosão e perda da fertilidade dos solos, contaminação da água, dos animais silvestres e dos agricultores em vista dos agroquímicos passaram a serem decorrências quase inerentes da produção agrícola.

Em 1962, Rachel Carson publicou o livro *Primavera Silenciosa*, no qual a autora questionou o modelo agrícola convencional e sua crescente dependência do petróleo como matriz energética. Ao tratar do uso indiscriminado de substâncias tóxicas na agricultura, em pouco tempo a obra de Carson se tornou mais do que um "Best seller" nos EUA, foi também um dos principais alicerces do pensamento ambientalista naquele país e no restante do mundo.

Logo após a publicação de *Primavera Silenciosa*, trabalhos como o de Paul Ehrlich, *The Population Bomb* (1966) e o de Garret Hardin, *Tragedy of the Commons* (1968), reforçaram a teoria malthusiana<sup>5</sup>, relacionando a degradação ambiental e a degradação dos recursos naturais ao crescimento populacional.

Na prática, porém, o que se viu nos anos seguintes foi a continuação do avanço da agricultura convencional, particularmente nos países em desenvolvimento, com o agravamento dos danos ambientais.

Em 1989, o Conselho Nacional de Pesquisa (NRC) - um órgão formado por representantes da Academia Nacional de Ciências, da Academia Nacional de Engenharia e do Instituto de Medicina, todos dos EUA, dedicou-se a um estudo detalhado sobre a agricultura alternativa. Esse trabalho culminou com a publicação do relatório intitulado "Alternative Agriculture" um dos principais reconhecimentos da pesquisa oficial a essa tendência da produção agrícola (VEIGA,1994).

Na Conferência Eco/92, surgiu o conceito de desenvolvimento sustentável, na perspectiva da justiça social e da preservação da vida. Só a partir dessa conferência é que o Desenvolvimento Sustentável passou a ser aceito e difundido, resultando num plano de ação para ser adotado global, nacional e localmente pelas organizações do sistema das Nações Unidas, governos e pela sociedade civil, conhecido como Agenda 21, cujo objetivo foi refletir um consenso mundial e um

---

<sup>5</sup> Teoria criada por Tomas Robert Malthus (1766-1834), economista e demógrafo inglês, e que ganhou o nome de "Malthusianismo". Foi a primeira teoria populacional a relacionar o crescimento da população com a fome, afirmando a tendência do crescimento populacional em progressão geométrica, e do crescimento da oferta de alimentos em progressão aritmética (Alves, 2002).

compromisso político no nível mais alto no que diz respeito ao desenvolvimento e cooperação ambiental (ONU, 1997, apud Dornelles, 2005, p. 9).

Foi também a partir dos anos 90 que emergiram os processos de certificação ambiental dos produtos agrícolas - como os "selos verdes" (certificação ambiental fundamentada no princípio da produção com uso de técnicas e processos que não degradem o meio ambiente). A iniciativa de certificar tem partido quase que exclusivamente de organizações não governamentais, que estabelecem os seus critérios próprios de certificação, o que, para a agricultura, se refere a produtos orgânicos ou biodinâmicos (DA SILVA, 1998).

Surge então a agroecologia (incluindo todas as suas correntes: orgânica, biodinâmica, natural, ecológica, permacultura) como uma abordagem científica que propõe uma nova visão da agricultura, que aplica os conceitos e princípios ecológicos no desenho e manejo de agroecossistemas sustentáveis (GLIESSMAN, 2005).

Para Guzmán (2006) a agroecologia pode ser definida como o manejo ecológico dos recursos naturais através de formas de ação social coletiva, no âmbito da produção e circulação alternativa dos produtos, pretendendo estabelecer formas de produção e consumo que não causem os problemas socioambientais gerados pelo modelo econômico atual.

Nesse sentido, produção de alimentos com o mínimo de impacto ao ambiente está cada vez mais em evidência. A busca pelo desenvolvimento sustentável tornou-se uma premissa após as conseqüências herdadas da Revolução Verde e seus pacotes tecnológicos totalmente descomprometidos com o ambiente, e que tentam resolver a questão da produção de cultivos do terceiro mundo através da adoção de variedades de alta produtividade e alta adição de insumos (ALTIERI, 1992).

Os atuais sistemas agrícolas industriais baseados em um alto nível de consumo de insumos fósseis são relativamente produtivos, mas sua sustentabilidade pode ser questionada, dado que os ecossistemas agrícolas, em nível mundial, estão sendo degradados severamente pela erosão do solo, a salinização e a contaminação da água (PIMENTEL, 2005).

Segundo Pimentel op. cit., os recursos de energia fóssil que são essenciais para a fabricação de agroquímicos, assim como para o funcionamento do

maquinário agrícola e para impulsionar o sistema de irrigação, não são renováveis. As reservas de petróleo e gás natural haver-se-ão esgotados dentro dos próximos 35 a 40 anos.

Saes et al. (2001) afirmam que diante da supremacia do conhecimento científico, o ditado “*ouvir a voz da experiência*” destoava completamente da abordagem da modernização agrícola, introduzida nos anos 1960, com a Revolução Verde.

A crescente demanda por alimentos e a necessidade de atender essa demanda originou o pacote tecnológico básico que se montou a partir das sementes de Variedades de Alto Rendimento – VAR e de um conjunto de práticas e insumos agrícolas necessários para assegurar as condições para que as novas cultivares alcançassem níveis crescentes de produtividade (CAPORAL, 2003).

Sendo assim, Saes et. al. endossam que os avanços tecnológicos davam suporte para a adoção de pacotes com enfoque produtivista, que passavam por cima do conhecimento tradicional, experiência e capacidade de organização comunitária da população rural ao afirmarem que:

Não se pode negar que os investimentos em tecnologia, realizados por meio de juros subsidiados, trouxeram avanços inquestionáveis em termos de produtividade agrícola, entretanto, o não “*ouvir a voz da experiência*” com a adoção de pacotes-padrão para condições culturais e agroecológicas distintas, em alguns casos, acabou por resultar em desastres ecológicos, empobrecimento de regiões e perda de identidade cultural de comunidades rurais. (SAES, 2001)

O Rio Grande do Sul, por tradição histórica e condições agroclimáticas, foi um dos primeiros estados brasileiros onde a Revolução Verde ganhou expressão, mas foi também pioneiro na luta ambientalista e na batalha contra as externalidades negativas dos pacotes tecnológicos (especialmente no que diz respeito aos agroquímicos), originando crescentes movimentos de resistência de parcela importante da sociedade gaúcha, que reivindica, desde meados dos anos 1980, a necessidade de banir alguns “pesticidas”, eliminar práticas agrícolas danosas ao solo e às águas superficiais e subterrâneas, eliminar as queimadas, reduzir o desmatamento, entre outras questões. Tais movimentos trazem entre suas bandeiras a luta por uma agricultura nova, “socialmente justa” e “ambientalmente sustentável”, expressões que se popularizaram nas últimas décadas por aqueles que vêm buscando o estabelecimento de estilos de agricultura menos agressivos ao meio ambiente e capaz de proteger os recursos naturais, além de serem mais duráveis no tempo, tentando fugir do modelo convencional de agricultura, que passou a ser hegemônico a partir dos novos descobrimentos da química agrícola, da biologia e da mecânica ocorridos já no início do século XX. (CAPORAL, 2003)

Segundo Marchioro (1985), sistemas economicamente viáveis nem sempre são agroecologicamente sustentáveis, sendo então notória a necessidade de agregar ao método de pesquisa em sistemas agrícolas, critérios biológicos de avaliação de sistemas, que permitam tomar em conta todos os seus elementos e interações.

É no contexto do uso da energia a partir de recursos não renováveis e do balanço energético como um dos valiosos indicadores de sustentabilidade dos sistemas de produção agrícola é que se insere o presente trabalho.

Assim sendo, a pesquisa tem como objetivo avaliar o balanço energético como um indicador de sustentabilidade, em dois sistemas de produção de milho, um convencional e outro de base ecológica.

E, em se considerando o milho um dos produtos mais tradicionais da agricultura familiar, sendo cultivado praticamente em todo o Estado do Rio Grande do Sul, aonde vem aparecendo normalmente integrado a atividades criatórias, além de estar figurado entre as maiores lavouras do município de Pelotas, com uma área de 8.000 hectares e produção de 12.480 toneladas, atrás somente da cultura do arroz, deu-se por justificada a escolha da espécie para esta pesquisa.

## 2 Revisão de literatura

### 2.1 Agricultura e energia

Segundo Sarego (2002), no ecossistema, a energia entra em cada nível trófico na forma de alimento e é utilizada - em sua grande parte - pelos organismos para se manterem vivos. Com isso, uma parcela significativa de energia é "perdida" para o ambiente na forma de calor.

O autor diz que essa energia é "perdida", porque os seres vivos não têm capacidade de aproveitar o calor ambiental como fonte de energia. E como o alimento nunca retorna ao nível trófico anterior, fica claro que a energia, já utilizada, não pode ser reaproveitada. E, por isso, o fluxo de energia só pode ser unidirecional, isto é, com uma única direção, indo do produtor ao decompositor.

Conseqüentemente, o montante de energia disponível (armazenado no corpo dos organismos na forma de alimento) é cada vez menor nos níveis tróficos sucessivos de uma cadeia alimentar. Uma decorrência imediata desse fato é a de que o nível trófico que acumula mais energia é, sempre, o produtor. Isso justifica a prática, comum nos países pobres, de se priorizar a produção e consumo de alimentos vegetais (arroz e trigo), em vez de alimentos de origem animal.

A título de exemplo, é interessante notar que uma área de 40.000 m<sup>2</sup> pode produzir uma quantidade de arroz (produtor) suficiente para alimentar 24 pessoas (consumidor primário) durante um ano. Se nessa mesma área fosse cultivado pasto e criado gado (consumidor primário), a quantidade de carne produzida poderia alimentar, durante um ano, apenas uma pessoa (consumidor secundário). Nesse fluxo de energia, a diferença correspondente à alimentação dos outros vinte e três indivíduos foi perdida na passagem por um nível trófico a mais (o gado) (SARIEGO, 2002).

Sendo assim, conforme Sarego (2002) pode-se de forma resumida, caracterizar o fluxo de energia em qualquer ecossistema com sendo o sol a principal fonte de energia, onde, em cada passagem de nível trófico, há uma perda energética, sob a forma de calor, sendo que nos níveis tróficos superiores a quantidade de energia disponível é sempre menor, e que nesse fluxo os produtores acumulam mais energia, energia que nunca é reaproveitada, ou seja, é unidirecional.

A medida indireta da energia acumulada pode ser feita através da “biomassa”<sup>6</sup>.

Avaliações da biomassa dos vários níveis tróficos permitem ter uma visão da quantidade de energia que está armazenada sob a forma de alimentos (matéria orgânica que pode produzir energia) no ecossistema, num determinado instante.

Considerando o estreito relacionamento entre o balanço energético e a busca pela sustentabilidade, e esta última com a visão sistêmica de um agroecossistema, o estudo da biomassa como “forma de matéria orgânica a ser colhida, consumida e/ou comercializada” é de suma importância.

Segundo Gliessman (2000), a experiência de produtores de milho em Puebla, México, oferece um exemplo interessante:

Grande quantidade dos pequenos produtores tradicionais da região optou por variedades de milho desenvolvidas no padrão da “revolução verde” (de rendimento mais alto) no final dos anos 60 e início dos anos 70. Estas variedades de milho tinham sido desenvolvidas para produzirem mais grãos à custa da biomassa normalmente armazenada em outras partes da planta – em especial os colmos e folhas. Após cultivarem essas variedades durante alguns anos, eles voltaram às tradicionais. Como esses camponeses faziam uso intensivo de animais em seus sistemas de produção (especialmente para cultivo do solo e para transporte), e a palha do milho era um alimento suplementar importante, a grande redução dos colmos e folhas das novas variedades não permitia ter uma quantidade adequada de forragem. Nesse caso, concentrar a biomassa nos grãos não levou em consideração a sustentabilidade de todos os componentes do agroecossistema, já que ao incrementar a produtividade de grãos reduziu-se a capacidade alimentar dos animais.

## 2.2 Balanço energético como ferramenta na estimativa do grau de sustentabilidade de agroecossistemas

---

<sup>6</sup> Quantidade total da matéria orgânica, incluindo todas as partes do corpo do organismo, bem como os seus restos e a matéria de decomposição. Pode ser expressa em termos de peso seco (gramas ou quilogramas), ou em termos de peso x área<sup>-1</sup>. (gramas x m<sup>-2</sup> ou Kg x m<sup>-2</sup>). (Sariego op. cit.)

A energia, provinda de fontes externas ou internas, é o substrato essencial para a operação e conservação, tanto da biosfera como um todo, quanto dos biomas e ecossistemas terrestres, e aplica-se também aos sistemas antrópicos, entre quais os sistemas de produção agrícola<sup>7</sup>.

Já na década de 80, com a crescente crise de petróleo, além do balanço contábil, passou a ser evidente a importância também do balanço energético - instrumento destinado a contabilizar as energias produzidas e as consumidas em um determinado sistema de produção (ULBANERE, 1988).

Considerando que tudo é energia, porém em diversas formas de estado, organização ou manifestação, o balanço energético pode constituir-se um padrão de medida dos estoques e fluxos que existem nos sistemas (ODUM 1971, 1983, 1996; ODUM & ODUM, 1981), tendo como objetivo principal traduzir em unidades ou equivalentes energéticos, os fatores de produção e os consumos intermediários, possibilitando a construção de indicadores comparáveis entre si, que permitam a intervenção no sistema produtivo visando melhorar sua eficiência (BUENO et al., 2000) e fornecer os parâmetros necessários para mensurar, interpretar e subsidiar a tomada de decisões (COMITRE, 1993).

Nesse sentido, constitui importante instrumento para tomada de decisões relativas à adoção de novas técnicas e manejos agropecuários, com potencial para economizar energia e aumentar a eficiência dos insumos, reduzindo custos em sistemas de produção que apresentam uso intensivo energético em suas várias formas (CAMPOS e CAMPOS, 2004).

Bueno et al. (2000) define balanço energético como atividade ou instrumento destinado a contabilizar a energia disponível e a energia consumida em determinado sistema de produção.

Segundo Campos et al. (2004), a inúmera quantidade de trabalhos publicados envolvendo o cálculo do balanço energético demonstra sua importância e utilidade.

---

<sup>7</sup> O conceito de sistema de produção agrícola é muito variado, podendo compreender desde uma lavoura apenas, até todos os componentes do setor primário de um país. Neste momento, pretende-se caracterizar e discutir esse sistema, tendo como limites uma propriedade agrícola, incluindo-se o homem que nela trabalha.

Todavia, segundo Quesada et al. (1987) nem toda tecnologia usada em propriedades apresenta eficiência energética.

A identificação de técnicas, métodos ou processos de produção mais poupadores de energia e mais adaptados para os diversos contextos depende de novas pesquisas (BEBER, 1989).

ULBANERE (1988), trabalhando com o balanço energético para a cultura do milho, observou que os nutrientes aplicados na fertilização representaram 49% do custo energético, o óleo diesel 42% e que aproximadamente 33% da quantidade calórica de energia direta foi consumida na operação de preparo do solo.

Os fluxos de energia e a determinação do valor da eficiência energética visando à sustentabilidade da agricultura dinamarquesa foram o foco do estudo de Schroll (1994). O autor observou que a eficiência energética foi decrescendo à medida que problemas ambientais relativos à produção agrícola (erosão, diminuição da fertilidade do solo e da biodiversidade...) foram aparecendo no período estudado (1936 a 1990). O autor afirmou que, quando a saída de energia para a alimentação humana se iguala à quantidade de energia fóssil despendida para produzi-la, não parece ser ecologicamente sustentável. O autor ainda colocou que uma das principais maneiras para se aumentar a eficiência energética média do país em questão, a Dinamarca, seria reduzir a entrada de energia fóssil, especialmente aquela relacionada à aplicação de fertilizantes.

Na maioria dos trabalhos cujo objeto de estudo é o balanço energético de sistemas agrícolas, a energia consumida no processo produtivo é classificada sob a forma direta ou indireta (DOERING III *et al.*, 1977, CASTANHO FILHO e CHABARIBERY, 1983, COMITRE, 1993, CAMPOS, 2001).

A energia direta utilizada em um processo produtivo não inclui somente o combustível fóssil utilizado, mas, também outras formas de energia derivada do petróleo, tais como aquelas em adubos e defensivos agrícolas considerando também, as energias de origem biológica, como o trabalho humano e animal, e aquela contida nas sementes e mudas. E a energia indireta utilizada na agricultura é aquela empregada na fabricação de maquinários, construções e instalações, sistema de irrigação e outros *inputs* (entradas) necessários à produção (CAMPOS, 2001).

A análise de fluxo energético requer a unificação do produto de diferentes fontes e conversores de energia, como insumos, trabalho humano e combustível, em

uma mesma unidade calórica (COMITRE, 1995), sendo a quilocaloria<sup>8</sup> (MJ) a unidade adotada na metodologia deste trabalho de pesquisa.

Freitas et al. (2006), analisaram o balanço energético da produção agrícola de milho em sistema de plantio direto, para a safra 2005/2006 no estado de São Paulo. Os resultados foram comparados com os obtidos em plantio convencional, na safra 1987/88 e apresentados por Ulbanere (1988). Ressalvadas possíveis variações climáticas, o consumo de energia total no plantio direto apresentou-se menor do que no convencional, sendo que o consumo de energia direta, no sistema de plantio direto, foi 40% menor que no sistema convencional. No entanto, a entrada de energia indireta na técnica de plantio direto (12.427,74 MJ) é quase o dobro do consumo de energia verificado no sistema convencional (6.472,07 MJ).

Campos et. al. (2004), estimaram o balanço energético em sistemas orgânico e convencional de produção de milho, em um reassentamento rural, na região de Cascavel no estado do Paraná, onde o consumo de energia no sistema orgânico apresentou uma eficiência de 38,21, eficiência essa maior que o sistema convencional que foi de 21,95.

Grande parte dos insumos envolvidos na cultura do milho é, ainda, proveniente de energia fóssil, configurando grande dependência e vulnerabilidade dos sistemas de produção. Assim, avanços na redução do custo energético voltam-se quase que exclusivamente para a questão dos nutrientes e consumo de combustíveis fósseis.

---

<sup>8</sup> Unidade que corresponde à quantidade de energia necessária para aumentar a temperatura de 1,0 Kg de água, em 1°C.

### **3 Material e Métodos**

#### **3.1 Material**

As unidades de produção objetos da presente pesquisa, situadas no município de Pelotas, estado do Rio Grande do Sul, envolvem diferentes estilos de agricultura, uma de base ecológica e outra de base convencional e entre outras atividades a produção de milho para alimentação animal está em ambas.

A escolha das unidades de produção foi influenciada pela proximidade da malha urbana, por apresentarem as características das agriculturas bem definidas, por ambos os produtores serem pessoas esclarecidas, dispostas a colaborar com a pesquisa e por estarem cientes da sua importância para a agricultura familiar.

#### **3.1.1 Geografia do município de Pelotas/RS<sup>9</sup>**

##### **3.1.1.1 Localização**

O município de Pelotas está localizado na região fisiográfica denominada "Encosta do Sudeste", uma das 11 regiões em que pode ser dividido o Rio Grande do Sul. Pelotas se estende das mais baixas ondulações da encosta oriental da Serra dos Tapes até a planície sedimentar da margem ocidental do Canal São Gonçalo.

Portanto, sob o ponto de vista físico, Pelotas encontra-se em uma encosta, e essa localização teve consequência muito importante, pois determinou a existência, no município, de duas grandes paisagens naturais e humanas distintas: a paisagem "serrana", mais elevada e ondulada, correspondente à policultura e à colonização alemã e a paisagem de planície, baixa e plana, que corresponde à pecuária e à orizicultura e de composição étnica variada.

A localização exata do município pode ser definida por meio das chamadas coordenadas geográficas, com Latitude igual a 31°45'43" e Longitude igual a 52°21'00".

---

<sup>9</sup> Dados publicados em 1985 pela Editora da Universidade Federal de Pelotas no livro "Geografia de Pelotas" de autoria do professor do Instituto de Ciências Humanas da mesma Universidade, professor Mario Rosa.

Outro aspecto importante da localização do município é o da sua proximidade do Oceano Atlântico e da Lagoa dos Patos. Essa posição influenciou no desenvolvimento econômico de Pelotas e tem reflexos sobre o seu clima.

### 3.1.1.2 Clima

O clima de Pelotas, como o da maior parte do Rio Grande do Sul, é subtropical (mesotérmico) úmido, sem estação seca, com inverno fresco e verão suave.

Localizado na região litorânea, a cerca de 60Km do Oceano Atlântico, tendo um relevo de planície, e recebendo, principalmente, ventos do quadrante leste, Pelotas apresenta, no seu clima, forte influência marítima, que se manifesta na elevada umidade atmosférica e na amenização da temperatura, tanto no inverno como no verão.

Essa elevada umidade atmosférica se evidencia no alto índice de umidade relativa no ar (80%), na freqüente formação de nuvens, que encobrem o sol em quase metade dos dias do ano, e, ainda, na ocorrência de densos nevoeiros de maio a agosto.

Também, graças em grande parte à influência do mar, o inverno não é rigoroso, assim como o verão não é muito quente.

Por estar situado entre 31<sup>º</sup> e 32<sup>º</sup> de latitude sul, o município se encontra na faixa de altas pressões de latitudes médias, apresentando, por isso, de vez em quando, principalmente no outono, um estado atmosférico caracterizado por ar descendente e estável, de que resultam dias luminosos, sem nuvens, e noites frias.

Na classificação climática de Kóeppen, o clima de Pelotas é denominado subtropical (C), com precipitação uniforme e bem distribuída ao longo do ano (f) e verões suaves e temperaturas do mês mais frio entre 3 e 18°C (a), sendo representado pela fórmula "Cfa". Entretanto, ocorrem, com grande freqüência, estiagens prejudiciais às culturas de verão e outono e pastagens nativas e cultivadas (MARAFON 2007).

### 3.1.1.3 Relevô

Sob o ponto de vista topográfico, Pelotas é, em grande parte, um município de encosta, ou, mais precisamente, uma área terminal de encosta, pois tem também uma faixa de planície bem definida.

Essa localização é importantíssima do ponto de vista topográfico, porque determina o perfil geral e muitas das formas locais do relevô.

Cerca de metade da área municipal faz parte da Serra do Sudeste do Rio Grande do Sul, representada, em Pelotas, por uma parcela da Serra dos Tapes. Trata-se da paisagem suavemente ondulada e mais elevada dos morros, característica de todo o interior do município, sobretudo da parte noroeste.

A outra metade do município se inclui na Planície Costeira gaúcha, sendo, por isso, uma paisagem plana e baixa, resultante de sedimentação recente, que corresponde à faixa contígua ao Canal São Gonçalo e à Lagoa dos Patos.

A maior parte do município tem altitudes inferiores a 100 metros; na zona mais elevada predominam as altitudes entre 100 e 300 metros; excepcionalmente, no extremo noroeste, as altitudes são superiores a 300 metros, chegando, no máximo, em dois pontos, a pouco mais de 400 metros.

Mais precisamente, com realção às unidades avaliadas, foi possível constatar relevô classificado como “suave ondulado” – superfície de topografia pouco movimentada constituída por um conjunto de colinas e/ou outeiros (elevações de altitudes relativas da ordem de 50 a 100 metros respectivamente), apresentando declives entre 3 a 8% e “odulado”, correspondendo à superfície de topografia pouco movimentada, constituída também por colinas e/ou outeiros, mas com declives variando de 8 a 20%. (Lemos, 1996).

### 3.1.1.4 Formação distrital de Pelotas

O município de Pelotas é formado por nove distritos: Sede, Santa Silvana, Rincão da Cruz, Quilombo, Monte Bonito (onde localiza-se a unidade de produção de base ecológica), Corrientes, Colônia Z/3, Cerrito Alegre, Cascata (onde localiza-se a unidade de produção convencional) (apêndice 1).

### 3.1.2 Caracterização da unidade de produção de base ecológica

A unidade de produção de base ecológica, na localidade de Passo do Pilão, no distrito de Monte Bonito, dista 6 km da malha urbana do município de Pelotas (Anexo 1).

Sua principal atividade é a produção de derivados de leite, como queijo e iogurte que são comercializados na feira local de produtos ecológicos.

A estrutura familiar é formada por seis pessoas, a saber, o chefe da família e esposa, ambos com 66 anos de idade e agricultores, e quatro filhos (um homem de 33 anos, agricultor e três mulheres com 35, 29 e 26 anos, duas delas estudantes e uma professora).

Quanto à posse da terra, a unidade de produção apresenta 25 hectares de terras próprias, sem arrendamentos e/ou parcerias, dos quais 0,249 ha que estavam em pousio, foram utilizados para a plantação de milho;

O uso da terra e as máquinas e equipamentos existentes na unidade de produção de base ecológica são conforme tabelas 1 e 2.

Tabela 1 - Uso da terra na unidade de produção de base ecológica, localizada no Passo do Pilão, 6º distrito de Pelotas/RS, 2008.

Uso	Área (ha)
Área com mata nativa	8,00
Área em pousio	1,00
Área de quintal e benfeitorias	1,00
Culturas anuais	2,00
Culturas perenes	0,50
Exploração florestal	0,50
Faxinal	-
Piquete pasto cultivado	3,00
Piquete pasto nativo	9,00
Área não aproveitada	-
Área total	25,00

Tabela 2 - Máquinas e equipamentos existentes na unidade de produção de base ecológica, localizada no Passo do Pilão, 6º distrito de Pelotas/RS, 2008.

Máquina/equipamento	Marca/Modelo	Ano de aquisição
Microtrator	Tobata 9CV	2003
Enxada rotativa	Tobata 9CV	2003
Roçadeira	Tobata 9CV	2003
Arado	1 disco	2003
Arado	aivecas	2000
Pulverizador de pistão	Trappi	2000
Motosserra	Sem informação	2000
Plantadeira manual	Sem informação	1998
Capinadeira	Planeta	Sem informação

### 3.1.3 Caracterização da unidade de produção convencional

A unidade de produção convencional, na localidade do Rincão do Andrade, no distrito da Cascata, dista 30 km da malha urbana do município de Pelotas (Anexo 2).

A estrutura familiar é formada por quatro pessoas (chefe da família (66 anos de idade) e esposa (62 anos de idade), ambos professores, e dois filhos (um homem de 27 anos, e uma mulher com 31 anos, ambos engenheiros));

Quanto à posse da terra, a unidade de produção convencional apresenta 47,5 hectares de terras próprias, sem arrendamentos e/ou parcerias, dos quais 0,2546 hectares que estavam em pousio foram utilizados para o plantio de milho.

A mão-de-obra provém de trabalhador rural assalariado (um homem com 33 anos de idade) com contratação de força de trabalho extra nos períodos de safra.

A unidade tem como atividade principal a fruticultura (produção de laranjas (comercializada diretamente ao consumidor e pequenos mercados de Pelotas) e produção de pêssego (comercializado, em sua totalidade em indústria produtora de doces em conserva).

O uso da terra e as máquinas e equipamentos existentes na unidade de produção convencional são conforme tabelas 3 e 4.

Tabela 3 - Uso da terra na unidade de produção convencional, localizada no Rincão do Andrade, 7º distrito de Pelotas/RS, 2008.

Uso	Área (ha)
Área com mata nativa	8,00
Área em pousio	10,00
Área de quintal e benfeitorias	1,00
Culturas anuais	0,50
Culturas perenes	9,00
Exploração florestal	2,00
Faxinal	3,00
Piquete pasto cultivado	-
Piquete pasto nativo	13,00
Área não aproveitada	1,00
Área total	47,50

Tabela 4 - Máquinas e equipamentos existentes na unidade de produção convencional, localizada no Rincão do Andrade, 7º distrito de Pelotas/RS, 2008.

Máquina/Equipamento	Marca/Modelo	Ano de aquisição
Trator	Agrale 4200	1984
Trator	Ford 8BR	1975
Grade de disco	artesanal	1985
Arado de disco	artesanal	1985
Arado de aivecas	artesanal	1985
Pulverizador tracionado	200 litros / artesanal	1990
Pulverizador costal (2 unidades)	sem informação	1987
Roçadeira	artesanal	1992
Plantadeira tração animal adaptada para trator	artesanal	1992

### 3.2 Métodos

A construção do fluxo de energia dos dois sistemas de produção do milho fundamentou-se no quadro de exigências físicas de fatores operacionais de produção, coletados com aplicação de questionários modificados de Marchioro (1985), conforme apêndices de 1 a 9, com a finalidade de caracterizar as unidades de produção, bem como a composição das famílias e, ao longo do ciclo produtivo, obter dados sobre as atividades desenvolvidas no sistema, as horas utilizadas com máquinas, implementos e mão-de-obra e a quantidades de insumos utilizadas.

Ciente de que os maquinários quando novos e em bom estado de conservação demandam menos energia, e na impossibilidade de se poder caracterizá-los em relação à sua demanda específica de energia por se tratarem de maquinários com vários anos de utilização, para mensurar a quantidade de energia

fóssil embutida nas operações com máquinas e equipamentos, considerou-se o consumo de combustível (óleo diesel).

### 3.2.1 Valores energéticos de insumos

A quantidade de energia contida nos insumos (fertilizante, óleo diesel e herbicida) foi convertida em valores calóricos com base no poder calorífico<sup>10</sup> dos mesmos, considerando-se para fins de cálculo de equivalentes energéticos dos fertilizantes e corretivos, o coeficiente energético do principal princípio ativo conforme tabela 5.

A necessidade de correção e aplicação de fertilizantes foi determinada com base nas análises de solo<sup>11</sup> em anexo (Anexos 3 e 4).

Tabela 5 - Equivalentes energéticos de formulados, corretivo e combustível.

Especificação	Equivalência Energética
Nitrogênio (1)	77,53 MJ.kg <sup>-1</sup>
Fósforo (1)	14,03 MJ.kg <sup>-1</sup>
Potássio (1)	9,69 MJ.kg <sup>-1</sup>
Calcário PRNT 100% (2)	0,18 MJ.kg <sup>-1</sup>
Óleo Diesel (1)	47,79 MJ.l <sup>-1</sup>
Herbicida (Nicosulfuron) (3)	254,52 MJ.kg <sup>-1</sup>

Fontes: (1) Pimentel, D. et Pimentel, M. (1979); (2) Miranda, M. et Marchioro, N. P. X. (1985); (3) Pimentel (1980).

Para a determinação do consumo de combustível no trator Agrale 4200 o tanque do trator foi completado antes do início da operação agrícola, com o trator posicionado em um plano e referência. Após o término da operação, o trator foi posicionado no mesmo plano e teve o tanque preenchido novamente com a utilização de um recipiente (galão) plástico com capacidade de 20 litros, graduado a cada 1 litro. Pela diferença encontrada entre o volume inicial e o final após ter-se completado o tanque do trator quando se terminou a operação, pôde-se determinar o volume de combustível consumido em cada operação.

<sup>10</sup> Poder Calorífico - quantidade de calor, em MJ por unidade de massa, que um combustível desprende quando da sua combustão completa. (Brasil, 2001).

<sup>11</sup> Realizadas no Laboratório de Análise Solos do Departamento de Solos da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade, registradas sob os números 1863 e 2177.

### 3.2.2 Valores energéticos de mão-de-obra

Para a determinação dos equivalentes de mão-de-obra não tratorizada foram adotados os valores conforme a quantidade de esforço despendido em cada atividade, conforme tabela 6.

Tabela 6 - Equivalentes energéticos de mão-de-obra.

Especificação	Equivalência Energética (MJ.h <sup>-1</sup> )
Atividade leve (1)	0,86
Atividade moderada (2)	0,94
Atividade pesada (3)	1,10

Fonte: Zanoni, M. M. et Martinez, J. L. (1985)

- (1) Riscoção, sulcamento, plantio com saraquá, plantio manual, fornecimento de alimentos leves, ordenha, trilha mecânica, adubação de cobertura, semeadura a lanço.
- (2) Queimada, plantio mecânico, alimentação dos animais, aplicação de agroquímicos, coveamento, capina com animal.
- (3) Amontoação manual, capina manual, gradagem, colheita, aração, trilha manual, roçada em capoeira de um ano, transporte de saco de 10 kg, capina de repasse.

O consumo de energia no deslocamento entre a sede (onde se localizam os maquinários e a moradia) e o local de plantio, em ambas as propriedades, foi desprezado por não apresentar valor relevante para a determinação do balanço entre as duas propriedades devido à proximidade entre um ponto e outro.

Os equivalentes energéticos referentes ao trabalho humano tratorizado e ao trabalho animal são os apresentados na tabela 7.

Tabela 7 - Equivalentes energéticos de trabalho.

Especificação	Equivalência Energética (MJ.h <sup>-1</sup> )
Animais	10,05
Homens com tratores	20,09

Fonte: EMPASC/EMATER/ACARESC

### 3.2.3 Produção de energia pós-colheita

Este trabalho refere-se ao plantio de áreas de dimensões semelhantes mas, para fins de resultados, foi utilizada a base de 1 (um) hectare, sendo que para coleta de dados referentes às entradas de insumos no sistema, utilizou-se a seguinte fórmula estatística para a determinação do número representativo de amostras

(plantas de milho) a serem coletadas de acordo com a dimensão da população de plantas em cada uma das áreas cultivadas. (Com base na literatura de Triola (1999) e Callegari Jacques (2003)).

$$n_0 = 1/(E_0)^2$$

$$n = (N \times n_0) / (N + n_0), \text{ onde:}$$

N= tamanho da população

E<sub>0</sub>= erro amostral tolerável

n<sub>0</sub>= primeira aproximação do tamanho da amostra

n= tamanho da amostra

### 3.2.4 Determinação do peso seco das amostras

#### 3.2.4.1 Determinação do peso seco da parte aérea (exceto grãos)

Para a determinação do peso seco foram colhidas, ao acaso, cem (100) plantas<sup>12</sup> em diferentes pontos de cada uma das áreas cultivadas, as quais tiveram suas espigas debulhadas e sua palha cortada em pedaços menores, acondicionadas em sacos de papel e levadas ao Laboratório de Física do Solo da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel - UFPEL para secagem em estufa a 65°C por 48 horas.

#### 3.2.4.2 Determinação do peso seco de grãos

Os grãos obtidos das amostras foram pesados e sua umidade foi determinada por método de secagem em estufa a 105°C<sup>13</sup> por 24 horas no Laboratório de Sementes da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel/UFPEL.

Os equivalentes energéticos para efeitos de cálculo do poder calorífico da biomassa originada nos respectivos cultivos estão apresentados na tabela abaixo:

---

<sup>12</sup> As plantas foram cortadas rente à superfície do solo.

<sup>13</sup> Podendo variar 2°C para mais ou para menos.

Tabela 8 - Equivalentes energéticos do milho

Parte da Planta	Equivalência Energética (MJ.kg <sup>-1</sup> )
Palha da Espiga	13,57 (2)
Sabugo	15,05 (2)
Grão	15,11 (1)
Colmo e folhas	13,82 (3)

Fonte: (1) IBGE; (2) Miranda, M. et Marchioro N. P. X. (1985); (3) Kumar et al. (2002)

### 3.2.5 Cálculo do balanço energético dos sistemas de produção

Para calcular o balanço energético tomaram-se os resultados referentes ao consumo e à produção de energia em ambas as unidades de produção, que após serem convertidos para uma área de 1 (um) hectare foram aplicados na formulação obtida de Castro et al. (1998), para quem

[...] a eficiência de um sistema é mensurada pela relação entre insumos necessários (*input*) à produção e produto final do sistema (*output*), sendo que os insumos e produtos devem ser mensurados num mesmo elemento de fluxo (no caso energia). Dessa forma o balanço energético pode ser medido pela relação entre a saída de energia de um sistema na forma de produto e entrada de energia nesse mesmo sistema na forma de insumo.

Sendo assim,

Balanço Energético = outputs / inputs

Ou resumidamente,

BE = O/I

## 4 Resultados

### 4.1 Consumos energéticos do sistema de produção de milho na unidade de produção de base ecológica

#### 4.1.1 Roçada

- a) Equipamento utilizado: roçadeira
- b) Tração: mecânica (microtrator Tobata)
- c) Duração da atividade: 1 hora e 20 minutos (1,33 horas)
- d) Consumo de combustível: 1,2 litros

Tabela 9 - Consumo de energia da atividade roçada na unidade de produção de base ecológica, localizada no Passo do Pilão, 6º distrito de Pelotas/RS, 2008.

Consumo de energia combustível (MJ)	Consumo de energia atividade humana (MJ)	Consumo de energia total da atividade (MJ)
57,35	1,47	58,81

#### 4.1.2 Aração

- a) Equipamento utilizado: arado
- b) Tração: mecânica (microtrator Tobata)
- c) Duração da atividade: 3 horas e 10 minutos (3,17 horas)
- d) Consumo de combustível: 2,85 litros

Tabela 10 - Consumo de energia da atividade aração na unidade de produção de base ecológica, localizada no Passo do Pilão, 6º distrito de Pelotas/RS, 2008.

Consumo de energia combustível (MJ)	Consumo de energia atividade humana (MJ)	Consumo de energia total da atividade (MJ)
136,20	3,49	139,69

#### 4.1.3 Calagem

- a) Produto: calcário
- b) Quantidade: 50kg<sup>14</sup> PRNT 75%
- c) Duração da atividade: 30 minutos (0,5 horas)

Tabela 11 - Consumo de energia da atividade calagem na unidade de produção de base ecológica, localizada no Passo do Pilão, 6º distrito de Pelotas/RS, 2008.

Consumo de energia calcário (MJ)	Consumo de energia atividade humana (MJ)	Consumo de energia total da atividade (MJ)
6,75	0,43	7,18

#### 4.1.4 Gradagem

- a) Equipamento utilizado: grade
- b) Tração: animal (cavalo)
- c) Duração da atividade: 2 horas e 30 minutos (2,5 horas)

Tabela 12 - Consumo de energia da atividade calagem na unidade de produção de base ecológica, localizada no Passo do Pilão, 6º distrito de Pelotas/RS, 2008.

Consumo de energia atividade animal (MJ)	Consumo de energia atividade humana (MJ)	Consumo de energia total da atividade (MJ)
25,12	2,75	27,87

#### 4.1.5 Capina

- a) Equipamento utilizado: capinadeira
- b) Tração: animal (cavalo)
- c) Duração da atividade: 2 horas e 10 minutos (2,17 horas)

---

<sup>14</sup> A quantidade aplicada é inferior ao recomendado (com base em análise de solo, a quantidade indicada para o índice SMP 6,0 apresentado seria de 3.200 kg.ha<sup>-1</sup> de calcário PRNT 100% ou 4.270 kg.ha<sup>-1</sup> de calcário PRNT 75% ou ainda 1.063 kg de calcário PRNT 75% na parcela para a cultura do milho).

Tabela 13 - Consumo de energia da atividade capina na unidade de produção de base ecológica, localizada no Passo do Pilão. 6º distrito de Pelotas/RS. 2008.

Consumo de energia atividade animal (MJ)	Consumo de energia atividade humana (MJ)	Consumo de energia total da atividade (MJ)
21,80	1,96	23,84

#### 4.1.6 Semeadura

- a) Equipamento utilizado: saraquá
- b) Quantidade e tipo de semente: 4kg de sementes crioulas
- c) Duração da atividade: 2 horas e 15 minutos (2,4 horas)

Tabela 14 - Consumo de energia da atividade semeadura na unidade de produção de base ecológica, localizada no Passo do Pilão. 6º distrito de Pelotas/RS. 2008.

Consumo de energia sementes (MJ)	Consumo de energia atividade humana (MJ)	Consumo de energia total da atividade (MJ)
60,3	1,93	62,39

#### 4.1.7 Colheita manual

Duração da atividade: 21 horas e 26 minutos (21,44 horas)

O Consumo de energia da atividade colheita na unidade de produção de base ecológica foi de 23,61 MJ.

#### 4.1.8 Consumo de energia total do sistema de produção de milho na unidade de produção de base ecológica

Tabela 15 - Consumo de energia total do sistema de produção de milho na unidade de produção de base ecológica, localizada no Passo do Pilão, 6º distrito de Pelotas/RS, 2008.

Atividade	Consumo de energia (MJ)
Roçada	58,81
Aração	139,69
Calagem	7,18
Gradagem	27,87
Capina	23,84
Semeadura	62,39
Colheita	23,60
<b>Total na parcela</b>	<b>343,39</b>

#### 4.1.9 Consumo de energia por hectare do sistema de produção de milho na unidade de produção de base ecológica

O Consumo de energia projetado por hectare do sistema de produção de milho na unidade de produção de base ecológica, localizada no Passo do Pilão, 6º distrito de Pelotas/RS foi de 1.379,08 MJ.

#### 4.2 Consumos energéticos do sistema de produção de milho na unidade de produção convencional

##### 4.2.1 Aração

- a) Equipamentos utilizados: arado e trator
- b) Tração: trator
- c) Duração da atividade: 1 hora e 12 minutos (1,2 horas)
- d) Consumo de combustível: 4 litros

Tabela 16 - Consumo de energia da atividade aração na unidade de produção convencional, localizada no Rincão do Andrade, 7º distrito de Pelotas/RS, 2008.

Consumo de energia combustível (MJ)	Consumo de energia atividade humana (MJ)	Consumo de energia total da atividade (MJ)
191,15	2,51	193,66

#### 4.2.2 Calagem<sup>15</sup>

- a) Produto: calcário
- b) Quantidade: 1400kg
- c) Equipamentos utilizados: trator e distribuidor de calcário
- d) Duração da atividade: 50 minutos (0,83 horas)
- e) Consumo de combustível: 2,8 litros

Tabela 17 - Consumo de energia da atividade calagem na unidade de produção convencional, localizada no Rincão do Andrade, 7º distrito de Pelotas/RS, 2008.

Consumo de energia combustível (MJ)	Consumo de energia atividade humana (MJ)	Consumo de energia corretivo (MJ)	Consumo de energia total da atividade (MJ)
133,81	1,74	189,03	324,58

#### 4.2.3 Gradagem

- a) Equipamentos utilizados: grade e trator
- b) Duração da atividade: 43 minutos (0,72 horas)
- c) Consumo de combustível: 3 litros

Tabela 18 - Consumo de energia da atividade gradagem na unidade de produção convencional, localizada no Rincão do Andrade, 7º distrito de Pelotas/RS, 2008.

Consumo de energia combustível (MJ)	Consumo de energia atividade humana (MJ)	Consumo de energia total da atividade (MJ)
143,36	1,51	144,87

#### 4.2.4 Capina Química

- a) Equipamentos utilizados: pulverizador e trator
- b) Produto utilizado: Sanson 40 SC (Nicossulfuron - 40g de ingrediente ativo por litro de produto comercial)
- c) Duração da atividade: 27 minutos (0,42 horas)
- d) Consumo de combustível: 1,26 litros

---

<sup>15</sup> Baseada na recomendação para o resultado de análise de solo emitida pelo Laboratório de Análise de Solos da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel/UFPEL – registro nº 2177.

Tabela 19 - Consumo de energia da atividade capina química na unidade de produção convencional, localizada no Rincão do Andrade, 7º distrito de Pelotas/RS, 2008.

Consumo de energia combustível (MJ)	Consumo de energia atividade humana (MJ)	Consumo de energia produto (MJ)	Consumo de energia total da atividade (MJ)
60,21	0,88	0,006	61,10

#### 4.2.5 Adubação<sup>16</sup> e Semeadura

a) Equipamentos utilizados: trator, plantadeira/adubadeira

b) Quantidade e tipo de semente: 6 kg de sementes da cultivas AGN 2012 do fabricante Agromen.

c) Duração da atividade: 48 minutos (0,8 horas)

d) Quantidade de adubo<sup>17</sup>: 100kg

e) Consumo de combustível: 1,8 litros

Tabela 20 - Consumo de energia da atividade adubação e semeadura na unidade de produção convencional, localizada no Rincão do Andrade, 7º distrito de Pelotas/RS, 2008.

Consumo de energia combustível (MJ)	Consumo de energia atividade humana (MJ)	Consumo de energia sementes (MJ)	Consumo de energia adubo (MJ)	Consumo de energia total da atividade (MJ)
86,02	1,67	90,69	555,97	734,35

#### 4.2.6 Colheita

a) Equipamento utilizado: colheita manual

b) Duração da atividade: 17,87 horas

Consumo de energia da atividade colheita na unidade de produção convencional foi de 15,34 MJ.

#### 4.2.7 Consumo de energia total do sistema de produção de milho na unidade de produção convencional

<sup>16</sup> Baseada na recomendação para o resultado de análise de solo emitida pelo Laboratório de Análise de Solos da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel/UFPEL – registro nº 2177.

<sup>17</sup> Adubo NR1 Organo NPK 04-12-08 (Fabricante: Supremo Insumos/Josapar)

Tabela 21 - Consumo de energia total do sistema de produção de milho na unidade de produção convencional, localizada no Rincão do Andrade, 7º distrito de Pelotas/RS, 2008.

Atividade	Consumo de energia (MJ)
Aração	193,66
Calagem	324,58
Gradagem	144,87
Adubação e Semeadura	734,35
Capina química	61,10
Colheita	15,34
Total na parcela	1.486,46

#### 4.2.8 Consumo de energia por hectare do sistema de produção de milho na unidade de produção convencional

O consumo de energia projetado por hectare no sistema de produção de milho na unidade de produção convencional foi de 5.789,10 MJ.

#### 4.3 Consumo de energia total para os dois sistemas de produção

Tabela 22 - Consumo de energia nos sistemas de produção de milho base ecológica (SPBE) e convencional (SPC)

Atividade	SPBE		SPC	
	MJ	%	MJ	%
Roçada	58,81	17	-----	-----
Aração	139,69	40	193,66	13
Calagem	7,18	3	324,58	27
Gradagem	27,87	8	144,87	9
Adubação/semeadura	-----	-----	734,35	46
Semeadura	62,39	18	-----	-----
Capina mecânica	23,84	7	-----	-----
Capina química	-----	-----	61,10	4
Colheita	23,60	7	15,34	1
Total na parcela	343,39	100	1.486,46	100
Total projetado para 1 (um) ha	1.379,08		5.789,10	

#### 4.4 Produção de energia na unidade de produção de base ecológica

##### 4.4.1 Caracterização da área cultivada

Tabela 23 - Caracterização da área cultivada na unidade de produção de base ecológica, localizada no Passo do Pilão, 6º distrito de Pelotas/RS, 2008.

Tamanho da área	2.490m <sup>2</sup>
Espaçamento entre linhas	0,55m
Espaçamento entre plantas	6 plantas.m <sup>-1</sup>
População	29.880 plantas
População amostral	100 plantas

#### 4.4.2 Produção de biomassa por amostragem

Tabela 24 - Peso de biomassa por amostragem na unidade de produção de base ecológica, localizada no Passo do Pilão, 6º distrito de Pelotas/RS, 2008.

Parte da Planta	Peso seco (kg)
Palha da Espiga	1,99
Sabugo	0,41
Grão <sup>18</sup>	7,66
Colmo e folhas	8,58
Total	18,65

#### 4.4.3 Produção de energia por amostragem

Tabela 25 - Produção de energia por amostragem na unidade de produção de base ecológica, localizada no Passo do Pilão, 6º distrito de Pelotas/RS, 2008.

Parte da Planta	Poder calorífico (MJ)
Palha da Espiga	27,12
Sabugo	6,17
Grão <sup>19</sup>	115,85
Colmo e folhas	118,55
Total	267,69

#### 4.4.4 Produção total de energia (MJ)

Tabela 26 - Produção de energia total (MJ) na unidade de produção de base ecológica, localizada no Passo do Pilão, 6º distrito de Pelotas/RS, 2008.

População amostral	63.936,12
População total	19.104.112,66

#### 4.4.5 Produção total de energia por hectare (MJ)

<sup>18</sup> Peso grão seco: Determinação de umidade laboratório pelo método de secagem em estufa a 105 °C por 24 horas.

<sup>19</sup> Peso grão seco: Determinação de umidade laboratório pelo método de secagem em estufa a 105 °C por 24 horas.

A produção de energia total projetada para 1 (um) hectare na unidade de produção de base ecológica, localizada no Passo do Pilão, 6º distrito de Pelotas/RS foi de 321.225,30 MJ.

#### 4.5 Produção de energia na unidade de produção convencional

##### 4.5.1 Caracterização da área cultivada

Tabela 27 - Caracterização da área cultivada na unidade de produção convencional, localizada no Rincão do Andrade, 7º distrito de Pelotas/RS, 2008.

Tamanho da área	2.546m <sup>2</sup>
Espaçamento entre linhas	0,80m
Espaçamento entre plantas	5 plantas.m <sup>-1</sup>
População	16.080 plantas
População amostral	100 plantas

##### 4.5.2 Produção de biomassa por amostragem

Tabela 28 - Peso de biomassa por amostragem na unidade de produção convencional, localizada no Rincão do Andrade, 7º distrito de Pelotas/RS, 2008.

Parte da Planta	Peso seco (kg)
Palha da Espiga	2,235
Sabugo	0,448
Grão <sup>20</sup>	10,02
Colmo e folhas	5,756
Total	18,459

##### 4.5.3 Produção de energia por amostragem

Tabela 29 - Produção de energia por amostragem na unidade de produção convencional, localizada no Rincão do Andrade, 7º distrito de Pelotas/RS, 2008.

Parte da Planta	Poder calorífico (MJ)
Palha da Espiga	30,34
Sabugo	6,74
Grão <sup>21</sup>	151,45
Colmo e folhas	79,53
Total	268,09

<sup>20</sup> Peso grão seco: Determinação de umidade laboratório pelo método de secagem em estufa a 105 °C por 24 horas.

<sup>21</sup> Peso grão seco: Determinação de umidade laboratório pelo método de secagem em estufa a 105 °C por 24 horas.

#### 4.5.4 Produção total de energia (MJ)

Tabela 30 - Produção de energia total (MJ) na unidade de produção convencional, localizada no Rincão do Andrade, 7º distrito de Pelotas/RS, 2008.

População amostral	64.032,43
População total	10.296.414,74

#### 4.5.5 Produção total de energia por hectare (MJ)

A produção de energia total projetada para 1 (um) hectare na unidade de produção convencional, localizada no Rincão do Andrade, 7º distrito de Pelotas/RS foi de 169.055,02 MJ.

#### 4.6 Produção de energia total para os dois sistemas de produção

Tabela 31 – Produção de energia nos sistemas de produção de milho base ecológica (SPBE) e convencional (SPC).

Parte da planta	SPBE		SPC	
	MJ	%	MJ	%
Palha da espiga	8.403,48	11	4.878,19	12
Sabugo	1.843,93	2	1.084,29	3
Grão	34.616,42	42	24.352,48	54
Colmo e folhas	35.421,26	45	12.788,01	31
Total na parcela	79.985,10	100	43.102,97	100
Total projetado para 1 (um) ha	321.225,30		169.055,02	

#### 4.7 Balanço energético nas unidades de produção

##### 4.7.1 Balanço energético na unidade de produção de base ecológica

Tabela 32 - Balanço energético na unidade de produção de base ecológica, localizada no Passo do Pilão, 6º distrito de Pelotas/RS, 2008.

Consumo de energia (MJ.ha <sup>-1</sup> )	1.379,08
Produção de energia (MJ.ha <sup>-1</sup> )	321.225,30
Balanço energético	232,93

#### 4.7.2 Balanço energético na unidade de produção convencional

Tabela 33 - Balanço energético na unidade de produção convencional, localizada no Rincão do Andrade, 7<sup>o</sup> distrito de Pelotas/RS, 2008.

Consumo de energia (MJ.ha <sup>-1</sup> )	5.789,10
Produção de energia (MJ.ha <sup>-1</sup> )	169.055,02
Balanço energético	29,20

## 5 Discussão

Tendo como ponto de partida a preocupação com a utilização adequada dos recursos naturais, frente ao sistema de produção agrícola, o sistema convencional é um sistema simplificado e sem nenhuma sustentabilidade em longo prazo (ALTIERI, 1989).

Essa afirmação pode ser evidenciada ao observarmos as análises de solo das duas unidades de produção, onde a área destinada ao sistema convencional, após sucessivos cultivos, apresenta maior deficiência de nutrientes, o que por conseqüência acaba por exigir maiores entradas de insumos externos (fertilizante e calcário).

Em decorrência da especulação na fabricação de álcool de cereais como uma forma alternativa de combustível, encontra-se uma abundância de trabalhos que comparam o balanço energético dos sistemas de produção de milho com os sistemas de produção de outras culturas, principalmente com a cana-de-açúcar.

Trabalhos científicos publicados no Brasil, voltados exclusivamente à comparação do balanço energético entre os diferentes sistemas de produção de milho, ainda são escassos.

No entanto, tomando os resultados obtidos nessa pesquisa e comparando-os com os trabalhos de Freitas et. al. (2006) e de Campos et. al. (2004) confirmou-se que o balanço energético no sistema de produção de base ecológica (232,93) é mais eficiente se comparado com o sistema convencional (29,20).

Fatores determinantes desses resultados são melhores compreendidos ao analisarmos as etapas do processo de produção, onde podemos apontar as atividades onde se tem um elevado consumo de calorias, determinando, quase que por si só, o resultado do balanço energético obtido.

Ao observarmos a figura 1, temos a contribuição da atividade aração em detrimento das demais, como sendo a atividade de maior consumo de calorias do sistema de produção ecológica (41%), representatividade ainda maior do que os 33% apontados por Ulbanere (1988). Atividade essa, que indiretamente acaba por contribuir com problemas de erosão, compactação e empobrecimento progressivo do solo, com conseqüente diminuição da produtividade dos cultivos (Gabriel Filho et al., 2000).

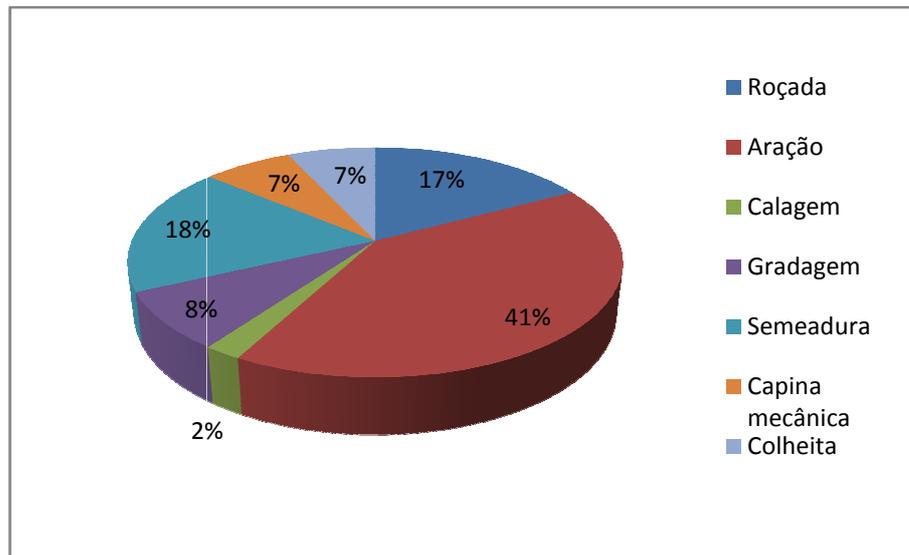


Figura 1 - Contribuição das atividades no consumo de energia total do sistema de produção de milho da unidade de produção de base ecológica, localizada no Passo do Pilão, 6º distrito de Pelotas/RS, 2008.

Já no sistema de produção de base convencional, o que se percebe é a expressiva contribuição da atividade adubação/semeadura, sendo essa, a atividade de maior consumo de energia (50%) (Figura 2).

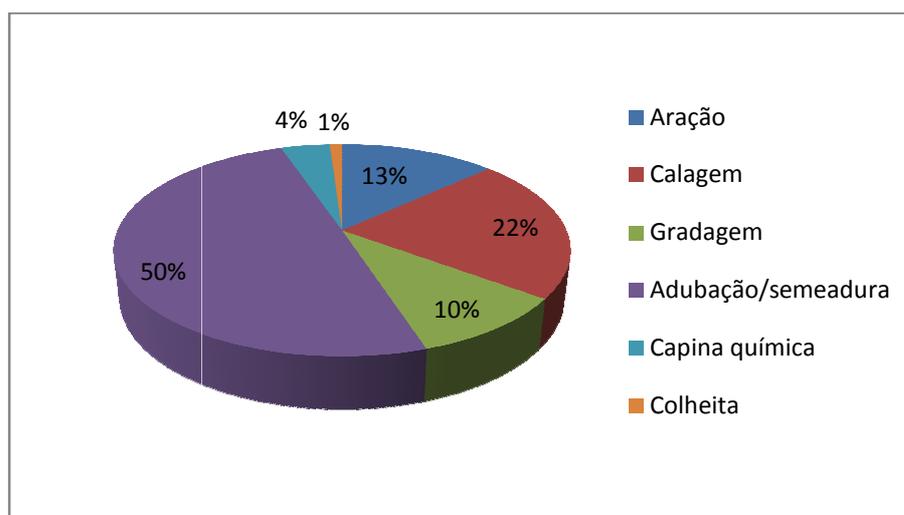


Figura 2 - Contribuição das atividades no consumo de energia total da unidade de produção convencional, localizada no Rincão do Andrade, 7º distrito de Pelotas/RS, 2008.

Convém salientar que apesar de a semente de milho ser a fonte geradora que possibilita a produção, constitui um dos componentes de menor peso no balanço energético em ambas as unidades de produção, com a significação de 17,61% sobre o total da energia consumida na unidade de produção de base ecológica e 6,15% na unidade de produção convencional já que nessa última, os nutrientes foram os componentes que mais se destacam, quanto ao consumo de energia.

Os nutrientes aplicados na fertilização representaram 37,72% do total de entrada de energia no sistema, valor menor que o de Ulbanere (1988), para quem os nutrientes aplicados na fertilização representaram 49% do custo energético.

Outro fato relevante é que se fosse utilizada a quantidade de calcário recomendada para a correção da acidez do solo da unidade de produção de base ecológica seria ocasionado um incremento de 191,37 MJ no consumo energético final nessa unidade, o que diminuiria sua eficiência energética em 11,78% ou seja, o balanço energético diminuiria de 232,93 para 205,48.

A atividade humana representou 10,33% do consumo de energia na unidade de produção de base ecológica contra 1,54% na unidade de produção convencional.

A utilização de tração mecânica reflete a grande representatividade do uso de combustível nas unidades (55,99% do consumo de energia na unidade de produção de base ecológica contra 39,98% na unidade de produção convencional).

Na unidade de produção de base ecológica a utilização de tração animal implica em 13,53% do consumo total de energia.

No que diz respeito à produção de biomassa, percebe-se que, na unidade de produção de base ecológica, a contribuição dos grãos e dos colmos e folhas representam juntas mais de 80% do total de biomassa produzido, percentagem equilibradamente distribuída entre essas partes da planta (Figura 3).

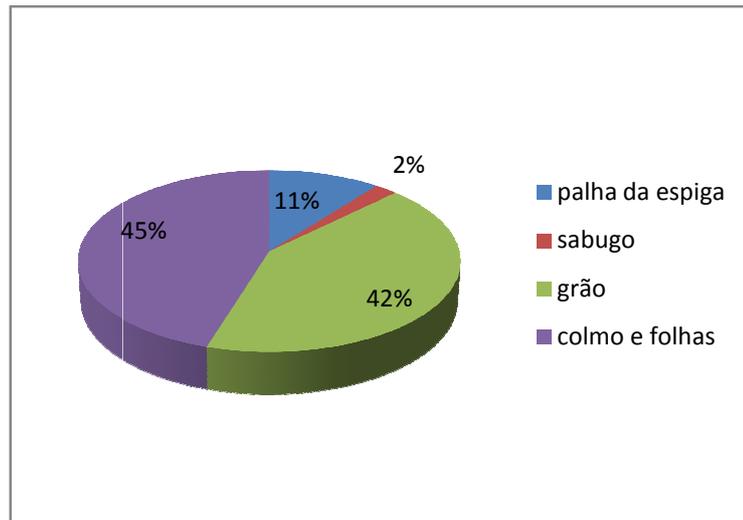


Figura 3 - Porcentagem do rendimento por peso de biomassa por amostragem da unidade de produção de base ecológica, localizada no Passo do Pilão, 6º distrito de Pelotas/RS, 2008.

Ao observarmos a produção de biomassa obtida na unidade de produção de base convencional, o que temos é também, um percentual de mais de 80% concentrado na produção de grãos e de colmo e folhas (Figura 4).

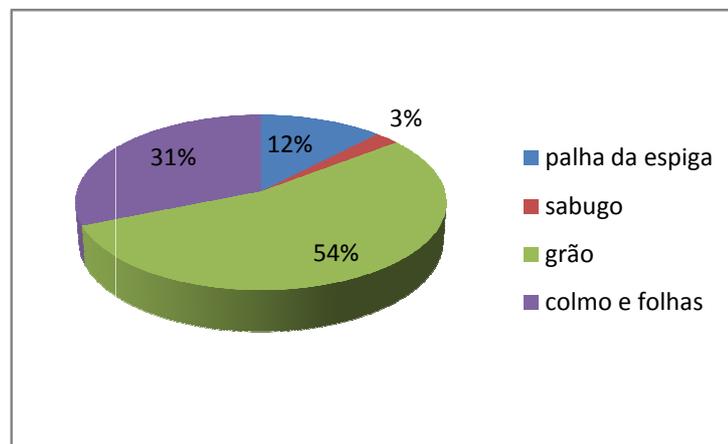


Figura 4 - Porcentagem do rendimento por peso de biomassa por amostragem da unidade de produção convencional, localizada no Rincão do Andrade, 7º distrito de Pelotas/RS, 2008.

Porém, o que vemos é uma predominância de biomassa na forma de grãos, (conforme afirmou Gliessman (2000), em sua experiência com produtores de milho em Puebla, México), que é certamente oriunda da especialização da semente por modificação genética, já que a finalidade grãos determina a escolha de um material

genético específico, que aumente a capacidade da planta em produzir grãos em detrimento de suas outras partes, característica altamente desejada nos sistemas de produção em monocultura.

Desses resultados, infere-se a importância de se buscar um aprimoramento nos métodos de pesquisa, já que existe, ainda, uma infinidade de fatores que provocam variação nos resultados para um mesmo produto agrícola, seja pela existência de distintas formas de conduzir uma dada cultura ou por fatores tais como variação climática, tipo de solo e topografia (inclinação, altitude, exposição solar) do terreno, os quais podem provocar diferenças consideráveis no consumo de energia nos sistemas.

De qualquer forma, convém ressaltar que a tradição local pode introduzir diferenças nos processos produtivos, mas ainda assim podemos considerar o balanço energético como um “termômetro” da produção sustentável de um sistema de produção.

Sendo assim, acreditamos que o maior desafio para os agricultores e pesquisadores preocupados com a sustentabilidade, deverá consistir na busca de sistemas de produção e processos agrícolas que apresentem um melhor equilíbrio entre consumo e produção de energia.

É preciso que o manejo de agroecossistemas, de uma forma geral, retorne ao sistema, especialmente ao solo, a mesma quantidade de matéria orgânica que dele é removida, sendo a pesquisa sobre como equilibrar essas necessidades, a chave para desenvolver os agroecossistemas sustentáveis do futuro.

## 6 Conclusões

Por meio da avaliação energética dos sistemas concluiu-se que:

- a) ambos apresentaram uma relação positiva entre produção e consumo de energia.
- b) o sistema convencional, comparado ao de base ecológica, teve um consumo de energia maior.
- c) o sistema convencional, comparado ao de base ecológica teve uma produção de energia menor.
- d) a cada quilocaloria colocada no sistema convencional produziram-se 29,20 quilocalorias.
- e) a cada quilocaloria colocada no sistema de base ecológica foram produzidas 232,93 quilocalorias.
- f) o sistema de base ecológica foi o que apresentou uma melhor relação entre a produção e o consumo de energia.

## Referências

ALVES, J. E.D. **A polêmica Malthus versus Condorcet reavaliada à luz da transição demográfica.** Texto para discussão da Escola Nacional de Ciências Estatísticas, ENCE/IBGE, nº4, Rio de Janeiro, 2002.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988.** Diário Oficial a República Federativa do Brasil, Brasília, 05 out. 1988.

BRASIL. **Glossário de Termos Energéticos.** Coordenação Geral de Informações Energéticas, Secretaria de Energia, Ministério de Minas e Energia. Site mantido por MAK Editoração Eletrônica. Disponível em: [http://ecen.com/statis\\_/gloss.htm](http://ecen.com/statis_/gloss.htm). Acesso em: 19 dez. 2007.

BUENO, O.C.; CAMPOS, A.T. **Balço de energia e contabilização da radiação global: simulação e comparativo.** In: Avances en ingeniería agrícola. Buenos Aires: Facultad de Agronomía, 2000. p.477-482.

CALLEGARI-JACQUES; S. M. **Bioestatística: princípios e aplicações.** Porto Alegre: Artmed, 2003.

CAMPOS, A.T. **Balço energético relativo à produção de feno de “coast-cross” e alfafa em sistema intensivo de produção de leite.** 2001. Tese (Doutorado) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.

CAMPOS, A.T. de. **Agricultural energy balance: an important tool as indicative of sustainability of agricultural ecosystems.** Cienc. Rural, Santa Maria, v. 34, n. 6, 2004.

CAPORAL, Francisco Roberto. **Superando a revolução verde: a transição agroecológica no estado do Rio Grande do Sul.** Santa Maria (RS), março de 2003, p. 5-6. Texto digitado, 30 p.

CAPORAL, F.R, COSTABEBER, J. A. **Agroecologia: conceitos e princípios para a construção de estilos de agriculturas sustentáveis.** Porto Alegre: EMATER, 2003.

CASTANHO FILHO, E.P.; CHABARIBERY, D. **Perfil econômico da agricultura paulista.** Agricultura em São Paulo, São Paulo, v.30, tomos 1 e 2, p.63-115, 1983.

CASTRO, A. M. G. et al. Prospecção de demandas tecnológicas no sistema nacional de pesquisa agropecuária (SNPA). In: \_\_\_\_\_ et al. **Cadeias produtivas e sistemas naturais: prospecção tecnológica.** Brasília: EMBRAPA/DPD, 1998. p. 21-74.

COMITRE, V. **Avaliação energética e aspectos econômicos da filière soja na região de Ribeirão Preto – SP.** 1993. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1993.

COMITRE, V. **A eficiência energética na atividade florestal.** Informações Econômicas, São Paulo, v.25, n.10, p.61-67, 1995.

COMITRE, V. **A questão energética e o padrão tecnológico da agricultura brasileira.** Informações Econômicas, São Paulo, v.25, n.12, p.29-35, 1995.

CAMPOS, A.T. ; ZONIN, W.J. ; SILVA, Nardel Luis Soares ; GOUVEA, Alfredo ; GRECO, M. **Balanço de energia em sistemas orgânico e convencional de produção de milho.** In: Congresso Internacional sobre Geração Distribuída e Energia no Meio Rural, 5, 2004, Campinas. Anais do Congresso Internacional sobre Geração Distribuída e Energia no Meio Rural. Campinas : NIPE/SBEA/UNICAMP, 2004. v. 1. p. 1-7.

DA SILVA, Marco Antônio. **Normatização e certificação da produção orgânica: presente e futuro.** In: 3ª Conferência Brasileira de Agricultura Biodinâmica, Piracicaba - SP, 14 a 17 de outubro de 1998. Anais. Miklós, Andreas A de W. (organizador). São Paulo: SMA/CED, 1999. 294p.

DE JESUS, E. L. **Histórico e Filosofia da Agricultura Alternativa.** Revista Proposta, Rio de Janeiro: PTA-FASE, pp. 34-40, 1985.

DE JESUS, E. L. **Da Agricultura Alternativa à Agroecologia: para além das disputas conceituais.** Agricultura Sustentável (1, 2), Jaguariúna, SP, CNPMA-EMBRAPA, 1996. PP 13-27.

DOERING III, O.C.; CONSIDINE, T.J.; HARLING, C.E. **Accounting for tillage equipment and other machinery in agricultural energy analysis.** Indiana, West Lafayette: Purdue University, 1977. (Agr. Exp. Sta. NSF/RA – 770128). 4p.

DOVRING, F. **Energy use in Unites States agriculture: a critique of recent research.** Energy in Agriculture, v.4, p.79-86, 1985.

EHLERS, Eduardo. **O que se entende por agricultura sustentável?** Projeto de Dissertação de Mestrado. São Paulo: Programa de Pós-Graduação em Ciência Ambiental/USP, 1993.

EHLERS, Eduardo. **Agricultura Sustentável: Origens e perspectivas de um novo paradigma.** São Paulo: Livros da Terra, 1996.

Da Silva, Marco Antônio. **Normatização e certificação da produção orgânica: presente e futuro.** In: 3ª Conferência Brasileira de Agricultura Biodinâmica, Piracicaba - SP, 14 a 17 de outubro de 1998. Anais.

DORNELES, Denise Freitas. **A prática do Assistente Social em uma comunidade Sustentável: Desafios para a sociedade contemporânea.** Tese de Doutorado – Faculdade de Serviço Social, PUCRS, 2005.

FRADE, Carmem Oliveira. **A construção de um espaço para pensar e praticar a Agroecologia na UFRRJ e seus arredores.** Dissertação de Mestrado. Rio de Janeiro: CPDA/UFRRJ, 2000.

FREITAS, S. M., OLIVEIRA M. de M., FREDO, C. E. **Análise comparativa do balanço energético do milho em diferentes sistemas de produção.** In: XLIV Congresso da Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia Rural (SOBER). Fortaleza, CE, 2006.

GABRIEL FILHO, A.; PESSOA, A.C.S.; STROHHAECKER, L.; HELMICH, J.J. **Preparo convencional e cultivo mínimo do solo na cultura da mandioca em condições de adubação verde com ervilhaca e aveia.** Ciência Rural, v.30, p.953-957, 2000.

GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável.** Porto Alegre: Editora da Universidade – UFRGS, 2000.

KUMAR, A., PUROHIT P., RANA S., KANDPAL T. C. **An approach to the estimation of the value of agricultural residues used as biofuels.** In: Biomass and Bioenergy 22. Centre for Energy Studies, Indian Institute of Technology Delhi, Hauz Khas, India (2002) 195-203

LEMOS, R. C. de. **Manual de descrição e coleta de solos no campo.** Campinas: 3ª ed. SBCS. 1996. 84p.

MARAFON, Anderson Carlos et al . **Concentrações de carboidratos em tecidos de pessegueiro (*Prunus persica* (L.) Batsch) cv. jubileu em plantas com ou sem sintomas de morte-precoce durante o período de dormência.** Rev. Bras. Frutic. , Jaboticabal, v. 29, n. 1, 2007. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-29452007000100017&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-29452007000100017&lng=es&nrm=iso)>. Acesso em: 02 Jul 2008. doi: 10.1590/S0100-29452007000100017

MARCHIORO, N.P.X. **Balanço ecoenergético: uma metodologia de análise de sistemas agrícolas.** In: TREINAMENTO EM ANÁLISE ECOENERGÉTICA DE SISTEMAS AGRÍCOLAS, 1., 1985, Curitiba, PR. Curitiba : Iapar, 1985.

ODUM, H.T., 1971. **Environment, Power and Society.** John Wiley & Sons, New York.

ODUM, H.T. & Odum, E.C., 1981. **Energy Basis for Man and Nature.** McGraw Hill, New York.

\_\_\_\_\_, H.T., 1993. **Ecological and General Systems.** Univ. Press of Colorado, CO, 644 pp.

\_\_\_\_\_, H.T., 1996. **Environmental Accounting, Energy and Decision Making.** John Wiley, NY, 370 pp.

PIMENTEL, D.; PIMENTEL, M., **El uso de la energía en la agricultura: una visión general** in: LEISA Revista de Agroecología, Lima, Peru, vol. 21, Número 1, p.5-7, 2005.

PIMENTEL, D. **Energy inputs for the production, formulation, packaging, and transport of various pesticides.** In: PIMENTEL, D. (Ed.). Handbook of energy utilization in agriculture. Boca Raton : CRC, 1980.

QUESADA, G.M.; BEBER, J.A.C.; SOUZA, S.P. de. **Balances energéticos agropecuários. Uma proposta metodológica para o Rio Grande do Sul.** Ciência e Cultura, São Paulo, v.39, n.1, p.20-28, 1987.

ROMANELLI, T. R. **Modelagem do balanço energético na alimentação suplementar para bovinos.** 2002. Tese (mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luís de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

ROSA, M. **Geografia de Pelotas**. Editora da Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 1985.

SAES, M. S. M.; SOUZA, M. C. M.; OTANI, M. N. **Equívocos de Pacotes Tecnológicos: o exemplo de Baturité**. Informações FIPE, São Paulo, v. 246, p. 27 - 29, 2001.

SARIEGO, J.C. **Educação ambiental - As ameaças ao planeta azul**. São Paulo: Scipione, 2002.

SCHROLL, H. **Energy-flow and ecological sustainability in Danish agriculture**. Agriculture, Ecosystems and Environment, Amsterdam, v.51, n.3, p.301-310, 1994.

TRIOLA, M. F. **Introdução à estatística**. Rio de Janeiro: LTC, 1999.

ULBANERE, R. C. **Análise do balanço energético e econômico relativos à produção e perda de grãos de milho no Estado de São Paulo**. 1988. 127 f. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) – Curso de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Estadual Paulista.

VEIGA, J. E. **Problemas da Transição à Agricultura Sustentável**. In: Revista Estudos Econômicos, vol.24, número especial, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, pp.9-29, 1994.

## **Apêndices**

## Apêndice A - Formação distrital do Município de Pelotas



Fonte: Bernardi, L. M. (2008)



Apêndice C – Fichas 3 e 4 – Posse e uso da terra

**3. POSSE DA TERRA**

CARACTERISTICA	AREA (ha)
AREA DE TERRAS PROPRIAS	
AREA DE TERRAS ARRENDADAS	
AREA DE TERRAS EM PARCERIA	
AREA TOTAL	

**4. USO DA TERRA**

USO	AREA (ha)	OBSERVAÇÕES
AREA COM MATA NATIVA		
AREA EM POUSIO		
AREA DE QUINTAL E BENFEITORIAS		
CULTURAS ANUAIS		
CULTURAS PERENES		
EXPLORAÇÃO FLORESTAL		
FAXINAL		
PIQUETE PASTO CULTIVADO		
PIQUETE PASTO NATIVO		
AREA NÃO APROVEITADA		















## **ANEXOS**

Anexo 1 – Imagem via satélite da unidade de produção de base ecológica



Anexo 2 – Imagem via satélite da unidade de produção convencional



Anexo 3 – Análise de solo da unidade de produção de base ecológica (amostra 01)

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS**  
**FACULDADE DE AGRONOMIA ELISEU MACIEL**  
 DEPARTAMENTO DE SOLOS  
 LABORATÓRIO DE ANÁLISES DE SOLOS



Campus Universitário s/nº Caixa Postal 354  
 CEP 96010-900 Pelotas - RS  
 Fone/Fax (0xx53)3275-7269/ 3275-7267

Nome: Alzir Buscato

Solicitante: Alzir Buscato

Município: Pelotas

Endereço:

Localidade:

Entrada: 14/9/2006

Emissão: 26/6/2008

Registro	Identificação da amostra	Área (ha)	Sistema de cultivo	Profundidade (cm)	Georef.
1863	01				
1864	02				

**Diagnóstico para calagem do solo**

Registro	pH água 1:1	Ca	Mg	Al	H+Al	CTCefetiva	Saturação (%)		Índice SMP
							Al	Bases	
1863	5,1	3,8	1,5	0,3	4,4	5,7	5	55	6
1864	5,2	4,5	1,7	0,2	3,5	6,5	3	64	6,2

**Diagnóstico para recomendação de adubação NPK**

Registro	% Mat. Org. m/v	% Argila m/v	Textura	P-Mehlich mg/dm <sup>3</sup>	P-resina	CTCph7 cmolc/dm <sup>3</sup>	K mg/dm <sup>3</sup>
1863	1,9	10	4	40,9	--X--	9,8	52
1864	1,8	12	4	31,4	--X--	9,8	35

**Diagnóstico para S, micronutrientes e relações molares**

Registro	S	Cu	Zn	B	Fe	Mn	Na	Relações			
								Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	K/(Ca+Mg)
1863	--X--	--X--	--X--	--X--	--X--	--X--	14	2,5	28,6	11,3	0,058
1864	--X--	--X--	--X--	--X--	--X--	--X--	14	2,6	50,3	19	0,036

Busca

N



*Renata Peixoto*

Eng<sup>a</sup> Agr<sup>a</sup> Renata Ferreira Peixoto

CREA n° 92748 - 8ª Região

Responsável Técnico

## Anexo 4 – Análise de solo da unidade de produção convencional

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS**  
**FACULDADE DE AGRONOMIA ELISEU MACIEL**  
 DEPARTAMENTO DE SOLOS  
 LABORATÓRIO DE ANÁLISES DE SOLOS



Campus Universitário s/nº Caixa Postal 354  
 CEP 96010-900 Pelotas - RS  
 Fone/Fax (0xx53)3275-7269/ 3275-7267

Nome: Flavio Bernardi

Solicitante: Flavio Bernardi

Município: Pelotas

Endereço:

Localidade:

Entrada: 19/10/2006

Emissão: 26/6/2008

Registro	Identificação da amostra	Área (ha)	Sistema de cultivo	Profundidade (cm)	Georef.
2177	01				

### Diagnóstico para calagem do solo

Registro	pH água 1:1	Ca	Mg	Al	H+Al	CTCefetiva	Saturação (%)		Índice SMP
							Al	Bases	
2177	4,7	1,6	0,6	1	5,5	3,3	30	30	5,8

### Diagnóstico para recomendação de adubação NPK

Registro	% Mat. Org. m/v	% Argila m/v	Textura	P-Mehlich mg/dm <sup>3</sup>	P-resina	CTCph7 cmolc/dm <sup>3</sup>	K mg/dm <sup>3</sup>
2177	1,8	19	4	3,6	--X--	7,8	50

### Diagnóstico para S, micronutrientes e relações molares

Registro	S	Cu	Zn	B	Fe	Mn	Na	Relações			
								Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	K/(Ca+Mg)
2177	--X--	1,3	7,1	--X--	6	39	6	2,7	12,5	4,7	0,086

Busca

N



*Renata Peixoto*

Eng<sup>a</sup> Agr<sup>a</sup> Renata Ferreira Peixoto  
 CREA n<sup>o</sup> 92748 - 8<sup>a</sup> Região  
 Responsável Técnico