

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

**PARTICIPAÇÃO DA ENERGIA FÓSSIL NA PRODUÇÃO DOS
FERTILIZANTES INDUSTRIAIS NITROGENADOS COM ÊNFASE NA
URÉIA**

ANTONIO APARECIDO MENDES JÚNIOR

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Câmpus de Botucatu, para a obtenção do título de Mestre em Agronomia (Energia na Agricultura).

BOTUCATU - SP
Dezembro – 2011

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

**PARTICIPAÇÃO DA ENERGIA FÓSSIL NA PRODUÇÃO DOS
FERTILIZANTES INDUSTRIAIS NITROGENADOS COM ÊNFASE NA
URÉIA**

ANTONIO APARECIDO MENDES JÚNIOR

Orientador: Prof. Dr. Osmar de Carvalho Bueno

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Câmpus de Botucatu, para a obtenção do título de Mestre em Agronomia (Energia na Agricultura).

BOTUCATU - SP
Dezembro – 2011

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

M538p Mendes Júnior, Antonio Aparecido, 1977-
Participação da energia fóssil na produção dos fertilizantes industriais nitrogenados com ênfase na uréia / Antonio Aparecido Mendes Júnior. - Botucatu : [s.n.], 2011
vii, 43 f. : il., gráfs.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2011

Orientador: Osmar de Carvalho Bueno
Inclui bibliografia

1. Adubos e fertilizantes. 2. Combustíveis fósseis. 3. Fertilizantes industriais. 4. Fertilizantes nitrogenados. 5. Ureia como fertilizante. I. Bueno, Osmar de Carvalho. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas. III. Título.

Palavras-chave: energia fóssil, fertilizantes industriais, nitrogênio

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "PARTICIPAÇÃO DA ENERGIA FÓSSIL NA PRODUÇÃO DE FERTILIZANTES
INDUSTRIAIS NITROGENADOS COM ÊNFASE NA URÉIA"


ALUNO: ANTONIO APARECIDO MENDES JÚNIOR

ORIENTADOR: PROF. DR. OSMAR DE CARVALHO BUENO

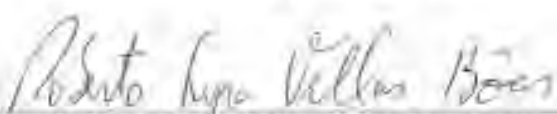
Aprovado pela Comissão Examinadora



PROF. DR. OSMAR DE CARVALHO BUENO



PROF. DR. OSMAR DELMANTO JÚNIOR



PROF. DR. ROBERTO LYRA VILLAS BOAS

Data da Realização: 09 de dezembro de 2011

Aos meus queridos pais, Antonio e Nilde

Ao meu irmão, Rodrigo

À minha noiva, Carolina

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, por tornar possível a minha existência.

Agradeço também a meus pais, Antonio e Nilde por terem me incentivado muito durante o decorrer do curso.

Sinceros agradecimentos ao meu orientador, Dr. Osmar de Carvalho Bueno, por ter me auxiliado com sua sabedoria, sua experiência, e sua paciência, ao longo do desenvolvimento deste trabalho.

Gostaria de agradecer ao meu irmão Rodrigo e a minha noiva Carolina e a meu cunhado Christian pela colaboração e pelas idéias sugeridas durante o desenvolvimento deste.

A todos os colegas Discentes do Curso de Pós-Graduação em Energia na Agricultura.

A todos aqueles que de uma ou outra forma contribuíram para a realização de todo o Curso de Pós-Graduação, em especial deste trabalho.

A Seção de Pós-Graduação. Muito Obrigado

Aos membros da Banca Examinadora que se dispuseram em oferecer a maior, a melhor contribuição a este trabalho. Obrigado.

A minha professora de inglês pela ajuda e sabedoria, Maria Felícia. Obrigado.

A empresa de fertilizantes e seus funcionários que me propiciaram o conhecimento. Muito Obrigado.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS.....	VII
LISTA DE TABELAS.....	VIII
1 RESUMO.....	01
2 SUMMARY.....	03
3 INTRODUÇÃO.....	05
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	07
4.1 Histórico dos fertilizantes.....	07
4.2-Demanda de produção de fertilizantes minerais industriais.....	12
4.3-Agricultura e energia de origem fóssil.....	14
4.4.Análise Energética.....	17
4.5. Estrutura de dispêndio energético.....	19
4.6. Fertilizantes minerais industriais e seu consumo de energia.....	22
5 MATERIAL E MÉTODOS.....	27
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	28
7 CONCLUSÕES.....	33
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	35
9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	36
APÊNDICE.....	42

Lista de Figuras

Figura		Página
1	Processo primário com a adição dos insumos não produtivos necessários para a fabricação da uréia.....	29

Lista de Tabelas

Tabela		Página
1	Classificação dos principais fertilizantes minerais simples quanto aos nutrientes.....	12
2	Porcentagem média de importação de alguns fertilizantes no Brasil, 2009.....	14

1. RESUMO

Atualmente, pode-se observar a importância da produção agropecuária e florestal mundial desde o algodão, processado para a fabricação de roupas até o plantio e transformação dos alimentos. A agricultura mundial sofreu uma grande reestruturação no aspecto produtivo, pois, com o aumento da população mundial, o homem foi obrigado a desenvolver novas técnicas de produção, para assim alcançar um aumento na produção e na produtividade de alimentos e matérias-primas. Nesse sentido, tornou-se uma realidade a utilização de grandes quantidades de fertilizantes industriais em agroecossistemas. Nesse estudo, analisou-se a participação de energias fósseis no processo de produção dos fertilizantes industriais nitrogenados, embora sua apresentação na estrutura de dispêndio energético de agroecossistemas nem sempre é distribuída adequadamente. Assim, o presente trabalho teve por objetivo analisar a participação das fontes de energia empregadas no processo de produção industrial dos fertilizantes nitrogenados, particularmente a uréia. A hipótese que orienta este estudo é que nas análises energéticas de agroecossistemas, no momento da classificação, podem estar subestimando a participação da energia de fonte fóssil em sua matriz. Os resultados orbitam sobre análise do fluxograma de fabricação da uréia levando como base o processo primário com a adição dos insumos não produtivos necessários para a fabricação. Os resultados obtidos demonstram a dependência de energias de fonte fóssil nos processos produtivos de obtenção dos fertilizantes nitrogenados não apenas em sua

matéria-prima (amônia), mas também no processo da queima do gás natural para a obtenção da uréia, acarretando problemas de ordem ecológica sócio-econômico, ameaçando assim a sustentabilidade. Conclui-se que baseado no fluxograma considera-se importante na elaboração de análises energéticas de agroecossistemas, deve-se considerar no sentido de realocar 34,2% do total do coeficiente energético do fertilizante nitrogenado uréia como fonte de origem fóssil, tornando, assim as estruturas de dispêndio energético fique mais próximo da realidade.

INVOLVEMENT OF ENERGY FOSSIL IN THE PRODUCTION OF FERTILIZERS INDUSTRIAL NITROGEN WITH EMPHOSIS IN UREA. Botucatu, 2011. 43p.

Dissertação (Mestrado em Agronomia / Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: ANTONIO APARECIDO MENDES JUNIOR

Adviser: OSMAR DE CARVALHO BUENO

2. SUMMARY

Today we can see the importance of global agricultural production and forestry, from raw cotton to manufacture clothing to planting and processing of food. World agriculture has undergone a big restructuring in the productive aspect, because with the increase in the world population human has been forced to develop new production techniques for increased production of food and raw materials for worldwide use. In this sense became a reality the use of large amounts of fertilizer in Industrial agroecosystems. In this study we will analyze the participation of the fossil fuel in the production of nitrogenous fertilizer industry, although its presentation in the structure of expenditure energy agroecosystems is not always distributed so appropriately. O objective of this study is to analyze the participation of energy sources used in the production process industrial nitrogen fertilizers, particularly urea. The hypothesis that guides this study is that, the energy analysis of agroecosystems at the time of classification, may be underestimating the participation fossil energy source in its matrix. Preliminary results turn on in two sides, the former would be the analysis of the urea manufacturing flowchart taking as the basis only of the primary manufacturing process, while the latter would be the analysis of the primary process with the addition of non-productive inputs needed for manufacturing. The results demonstrate the dependence on fossil source of energy in production processes for obtaining nitrogen fertilizers not only in its raw material (ammonia), but also in the process of burning gas to obtain urea, leading to problems of a social ecological and economic,

thus threatening sustainability. It conclude that based on the flour chart, deemed important in the preparation of agroecosystems energetic analyses should be considered in order to reallocate 34,2% of total fertilizer's coefficient, urea as a source of fossil origin, thus, making the structures of power energetic's experisure nearest to reality.

Keywords: Fossil energy, Industrial fertilizers, Nitrogen.

3. INTRODUÇÃO

Com o decorrer dos tempos, observa-se a importância da produção no setor agropecuário e florestal mundial, pois, com aumento da população, o ser humano está cada vez mais dependente da agricultura e da pecuária.

Neste contexto, pode-se salientar que, desde o algodão processado para a fabricação de roupas até o plantio e transformação dos alimentos, no mundo globalizado em que se vive, seria impossível a vida na terra nos padrões atuais sem a agricultura.

A utilização de fontes energéticas não-renováveis, principalmente de combustíveis de origem fóssil, propiciou avanços tecnológicos na produção de alimentos e insumos, contribuindo para a diminuição do esforço do trabalho humano, acarretando, deste modo, um aumento significativo na produção e na renda do setor agropecuário e florestal.

Por outro lado, tornou-se indispensável à utilização de grandes quantidades de fertilizantes industriais em agroecossistemas.

Os fertilizantes industriais são essenciais para o desenvolvimento das plantas é um dos que demandam mais energia fóssil no seu processo de fabricação e flui significativamente para aumentar o custo energético e ambiental, o que evidencia problemas de ordem ecológico, sócio-econômico, ameaçando, a sustentabilidade.

Fertilizantes industriais são compostos por um ou mais nutrientes que, aplicado no solo ou diretamente nas plantas, proporcionam aumento de produção e produtividade.

Na manutenção dos padrões atuais de produção e produtividade de alimentos e matérias-primas da chamada agricultura moderna, os fertilizantes industriais assumem papel de relevância, uma vez que a ausência parcial ou total de qualquer um dos macronutrientes e dos micronutrientes, pode limitar à taxa de crescimento das plantas.

No sentido de proporcionar rápido crescimento vegetal, é necessário fornecer os nutrientes minerais de que as plantas necessitam. Esse é o objetivo dos fertilizantes industriais.

Uma importante questão que se coloca para o presente trabalho é a composição e participação de energias fósseis no processo de produção dos fertilizantes industriais nitrogenados, visto que sua apresentação na estrutura de dispêndio energético de agroecossistemas nem sempre é distribuída adequadamente.

A hipótese que orienta este estudo é que nas análises energéticas de agroecossistemas, no momento da classificação em sua matriz energética, a participação da energia de fonte fóssil pode estar sendo subestimada.

Nesse contexto, o objetivo geral desta pesquisa é avaliar a produção de fertilizantes nitrogenados, junto ao parque industrial de processamento, em seu processo de fabricação, verificando assim a participação das fontes de energia empregadas no processo de produção.

O objetivo específico desse estudo foi de apresentar os insumos produtivos e não produtivos através do mapeamento de um fluxograma do processo industrial.

Dado o teor de nitrogênio em sua composição e ser o fertilizante nitrogenado mais utilizado no Brasil, a presente pesquisa optou por estudar o processo de produção da uréia.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo está dividido em seis tópicos. Primeiramente, é abordada a questão do histórico dos fertilizantes no mundo. As análises sobre a demanda e crescimento da produção de fertilizantes industriais encontram-se no segundo tópico. No terceiro tópico dá-se ênfase à questão pertinente à agricultura e energia de origem fóssil. A análise energética é o objetivo do quarto tópico. O quinto tópico refere-se à estrutura de dispêndio energético. Por fim, no sexto tópico, é abordada a questão pertinente ao fertilizante industrial, e a energia consumida no processo produtivo.

4.1-Histórico dos fertilizantes

Finck (1986) acredita que o surgimento do homem data de 10 mil anos antes de Cristo. Graças ao surgimento da agricultura que permitiu um acentuado crescimento da população. A agricultura, definida aqui como arte de domesticar plantas e animais. O desenvolvimento dessa arte deve ter sido logo acompanhado pela aplicação no solo de dejeções humanas e dos animais, misturados ou não com palhas, com o fim de aumentar a colheita.

Dentre os primeiros materiais usados pelo homem como fertilizantes, isto é, fonte de nutrientes, estavam, além do esterco animal mencionado, os ossos, as cinzas e calcários (FINCK, 1986).

Por outro lado, Goldemberg (1998) destaca que o início da utilização dos fertilizantes data da época da Grécia antiga, pelos gregos Homero e Xenofonte, onde os resíduos de esgoto eram utilizados nas hortas próximas nos arredores

de Atenas. Já o império romano criou uma classificação de eficiência dos esterco na seguinte ordem: de galinha, humano, suíno, caprino, ovino, bovino e equino. O efeito dos adubos verdes, particularmente leguminosas (fixadoras do N do ar) enterrados nos campos cultivados era conhecido de gregos e romano.

De acordo com Wendling et al. (2002) nos séculos XVI e XVII, os pensadores da época, os alquimistas, começaram a dar ênfase ao “princípio da vegetação”, deixando de lado a busca da pedra filosofal e do elixir da longa vida.

Segundo Yamada et al. (2006) a agricultura pode ser caracterizada por três grandes momentos. O primeiro deles surge com a chamada agricultura moderna, a partir dos séculos XVIII e XIX, quando se intensifica, em variadas regiões da Europa, a adoção de sistemas de rotação de culturas com plantas forrageiras, especialmente as leguminosas. O segundo momento, caracterizado no final do século XIX e início do século XX, destacam-se pelas descobertas científicas e tecnológicas. O terceiro momento se caracteriza por meio dos fertilizantes químicos, os motores de combustão interna, o que possibilitou o progressivo abandono dos sistemas rotacionais e a separação da produção animal e vegetal.

Em seu estudo, Malavolta (1981) afirma que Wohler em 1828, foi o primeiro a obter a uréia por síntese em um laboratório, foi o acontecimento que marcou o início da química orgânica.

Felipe Junior et al. (1984) apontaram que o uso comercial de fertilizantes nitrogenados data do início século XX, quando apareceram como produtos comerciais, o Guano Peruano e o salitre do Chile.

A partir de 1900 os esforços pela fixação do nitrogênio atmosférico foram dando seus frutos através da síntese do nitrato de cálcio e a produção de cianamida cálcica. Mas foi em 1913 que Haber e Bosh deram origem na Alemanha à moderna indústria de fertilizantes nitrogenados, através da síntese direta de amônia a partir de nitrogênio e hidrogênio, usando carvão como matéria-prima. Foi a partir do desenvolvimento tecnológico desencadeado tanto na Primeira como na Segunda guerra mundial que proporcionou a indústria de fertilizantes nitrogenados tivesse um grande crescimento. A produção de amônia tornou-se indispensável para suprir os mercados, como a matéria-prima básica para produção de uréia, nitrato de amônio e sulfato de amônio (FELIPE JUNIOR et al., 1984).

De acordo com Goldemberg (1998) nas décadas de 1950 e 1960, os países mais industrializados estavam preocupados com a fome, problema mundial, que atingia milhões de pessoas diariamente, mais precisamente nos países pobres. Os países mais industrializados, então, começaram a realizar experiências no ramo de produção de alimentos, tendo como finalidade amenizar a fome no mundo. Acreditava-se, que o simples fato de aumentar a oferta de alimentos resolveria a problemática da fome. Esse movimento ficou conhecido como Revolução Verde.

A expressão Revolução Verde foi criada em 1966 em uma conferência em Washington, por William Gown. Surgiu como criação e disseminação de novas sementes geneticamente melhoradas (particularmente sementes híbridas), insumos industriais (fertilizantes e agrotóxicos) e práticas agrícolas como a mecanização e diminuição do custo de manejo. Práticas que permitiram um vasto aumento na produção agrícola em países menos desenvolvidos durante as décadas de 1960 e 1970. Também são creditados à revolução verde o uso extensivo de tecnologia no plantio, na irrigação e na colheita, assim como no gerenciamento de produção. Esse ciclo de inovações se iniciou com os avanços tecnológicos do pós-guerra (GOLDEMBERG, 1998).

De acordo com Lima (2007), as primeiras fábricas de fertilizantes no Brasil surgiram na década de 40, com o processo de industrialização do país. Essas fábricas dedicavam-se exclusivamente à mistura de NPK, com base em fertilizantes simples importados. As primeiras unidades foram instaladas próximas a portos marítimos, como Cubatão (SP) e Rio Grande (RS). Até o início da década de 60, as importações atendiam a demanda interna de matérias-primas para fertilizantes, pois a produção local restringia-se ao Estado de São Paulo, às unidades de amônia e ácido nítrico, da Petrobrás e a atuação de alguns pioneiros de superfosfato simples.

Em 1971, teve início no Brasil, a utilização da nafta e do gás natural como matéria-prima para a produção de amônia e uréia, substituindo o carvão mineral. A primeira fábrica, localizada em Camaçari (BA), deu origem a Nitrofertil, hoje a maior fábrica de fertilizantes nitrogenados da Petrobrás. A partir dessa época, a demanda de fertilizantes teve considerável aumento, embora limitada pela necessidade de importações adicionais a custos crescentes (LIMA, 2007).

Mello (1987) afirma que as plantas necessitam de diversos nutrientes, como os macronutrientes: carbono, hidrogênio, oxigênio, nitrogênio, fósforo,

enxofre, cálcio, magnésio, potássio e os micronutrientes: boro, cobalto, cobre, ferro, manganês, molibdênio e zinco.

Para Malavolta e Gomes (2000), alguns desses elementos como carbono, hidrogênio e oxigênio estão disponíveis no meio ambiente e são diretamente assimiláveis pelas plantas. Outros, como nitrogênio, apesar de disponíveis na atmosfera, não são diretamente absorvíveis pelas plantas, ou o processo de absorção é muito lento. Os elementos necessários e que são normalmente adicionados pelos agricultores a suas plantações para suprir essas deficiências e aumentar a produtividade são chamados de fertilizantes.

Pimentel (1980) destacou que fertilizantes são compostos químicos, que visam suprir a deficiência dos macronutrientes vitais à sobrevivência dos vegetais. São aplicados na agricultura com o intuito de aumentar a produção.

No Brasil, os fertilizantes estão definidos na legislação brasileira, conforme Decreto nº- 86.955, de 18 de fevereiro de 1982, como “substâncias minerais ou orgânicas, naturais ou sintéticas, fornecedoras de um ou mais nutrientes das plantas” (BARROS, 2010).

Para Barros (2010) os fertilizantes têm como função repor ao solo os elementos retirados em cada colheita, com a finalidade de manter, ou mesmo ampliar, o seu potencial produtivo. Seu uso é fundamental para o aumento da produtividade.

Os fertilizantes podem ser aplicados através das folhas mediante pulverização manual ou mecanizada, chamada de adubação foliar, via irrigação ou através do solo (BARROS, 2010).

Wendling et al. (2002) classificaram os fertilizantes em duas vertentes, como adubos orgânicos, podem ser materiais de origem orgânica proveniente de animais ou vegetais que sofreram, ou não, algum tipo de transformação. Para que possam ser utilizados como fonte de adubo, sem ocorrer riscos de danos as plantas, torna-se importantes que, em geral, sofram um processo de decomposição parcial quando se trata de material de origem vegetal. Essa precaução é devida a fermentação do material em contato com as raízes, ou pela fixação temporária do nitrogênio disponível pelos microorganismos do solo, reduzindo, portanto, a disponibilidade deste para as plantas.

Na segunda vertente, estão os adubos minerais, provenientes de processos de produção, em parques industriais. Sua principal característica é conter, em forma concentrada, um ou mais nutrientes exigidos pelas plantas. Quando apresentam

apenas um nutriente, são chamados de adubos simples, quando apresentam dois ou mais componentes, adubos compostos ou formulados (WENDLING et. al, 2002).

Coelho (2009) destacou que, segundo a legislação Brasileira, lei nº- 6.894/1980 - decreto nº- 4.954/2004, que aborda os fertilizantes, corretivos e inoculantes. Os fertilizantes são classificados em fertilizantes orgânicos (instrução normativa MAPA nº-23/2005), e os fertilizantes minerais (instrução normativa MAPA nº-05/2007).

Os fertilizantes orgânicos são classificados em: fertilizantes orgânicos, fertilizantes orgânico simples, fertilizantes orgânico misto, fertilizantes orgânico composto, fertilizantes organo-mineral (COELHO, 2009).

Fertilizantes orgânicos são aqueles que o produto principal é de natureza fundamentalmente orgânica, obtido por processo físico, químico, físico-químico ou bioquímico, natural ou controlado, a partir de matérias-primas de origem industrial, urbana ou rural, vegetal ou animal, enriquecido ou não de nutrientes minerais (BARROS, 2010).

Já os fertilizantes orgânico simples cujo o produto principal é natural de origem vegetal ou animal, contendo um ou mais nutrientes de plantas. Os fertilizantes orgânicos mistos são aqueles que o produto principal é de natureza orgânica, resultante da mistura de dois ou mais fertilizantes orgânicos simples, contendo um ou mais nutrientes de plantas (COELHO, 2009).

Os fertilizantes orgânico composto são aqueles cujo o produto obtido por processo físico, químico, físico-químico ou bioquímico, natural ou controlado, a partir de matéria-prima de origem industrial, urbana ou rural, animal ou vegetal, isoladas ou misturadas, podendo ser enriquecido de nutrientes minerais, princípio ativo ou agente capaz de melhorar suas características físicas, químicas ou biológicas. E os fertilizantes organo-mineral são aqueles que o produto resultante da mistura física ou combinação de fertilizantes minerais e orgânicos (BARROS, 2010).

Coelho (2009) destacou que, segundo a legislação brasileira, que os fertilizantes minerais são classificados em: fertilizantes simples e mistura de fertilizantes simples.

Os fertilizantes simples são os que fornecem um ou mais nutrientes primários, sendo produzidos através de processos industriais. Tem-se como exemplo a uréia, sulfato de amônio, nitrato de amônio, superfosfato simples, entre outros. Já os de

mistura de fertilizantes simples, são produtos resultantes da combinação de fertilizantes simples (COELHO, 2009).

A Tabela 1 descreve os principais fertilizantes minerais simples e seus respectivos teores mínimos de nutrientes, conforme a legislação brasileira, lei nº- 6.894/1980 - decreto nº- 4.954/2004, instrução normativa MAPA nº-05/2007.

Tabela 1 – Principais fertilizantes minerais simples e os teores mínimos de nutrientes.

Fertilizantes	Teores Mínimos de Nutrientes
Uréia	45% de N
Nitrato de amônio	32% de N
Sulfato de amônio	20% de N
Superfosfato triplo	41% de P ₂ O ₅
Superfosfato simples	18% de P ₂ O ₅
Cloreto de potássio	58% de K ₂ O
Sulfato de potássio	48% de K ₂ O

Fonte: Legislação brasileira, lei nº- 6.894/1980 - decreto nº- 4.954/2004, instrução normativa MAPA nº-05/2007.

Dentro do grupo, os fertilizantes minerais estão divididos em sólidos ou fluidos. Os sólidos, mais comuns, são comercializados na forma de grânulos ou pó (LIMA, 2007).

4.2-Demanda de produção de fertilizantes industriais

Pode-se observar que a população mundial tem aumentado muito ao longo dos anos, e maior população significa necessidade de maior quantidade de alimentos e conseqüentemente, maior quantidade de fertilizantes industriais (VITTI, 2010).

Franco (2010) observou que o consumo de cereais no mundo tem sofrido um acréscimo ao longo do tempo. Em suas projeções, o consumo de milho que em 2006 era de 687 milhões de toneladas deverá alcançar em 2011 o patamar de 809 milhões de toneladas; já o trigo, que em 2006 era de 590 milhões de toneladas, deverá alcançar em 2011, 658 milhões de toneladas. Graças ao crescimento do consumo, o mercado de fertilizantes industriais deverá acompanhar o crescimento agrícola, aumentando sua produção para suprir a demanda.

Pinto (2010) destacou que a agricultura brasileira passará ao longo dos próximos 10 anos por uma reestruturação, com o aumento de 25% em áreas de cultivo, aumento na produção agrícola de 157% e um acentuado crescimento na utilização de fertilizantes industriais de 192%, acarretando um aumento de produtividade de 106%.

Florence (2010) afirmou que o consumo brasileiro de fertilizantes passou de 958 mil toneladas em 1970 para 7,77 milhões de toneladas em 2002, e para 9,6 milhões de toneladas em 2009. Esse crescimento do consumo de fertilizantes está ligado ao aumento da produção agropecuária e florestal.

Para Nicolella et al. (2005), o Brasil teve um crescimento acentuado na utilização de fertilizantes industriais a partir do início 2002, tornando-se o quarto maior mercado consumidor de fertilizantes mundial, precedido pela China, EUA e Índia.

Barros (2010) expôs que para o Brasil fortalecer a posição de quarto maior mercado consumidor de fertilizantes mundial, terá que buscar soluções para um ponto frágil: a produção nacional de matéria-prima e de produtos intermediários para fertilizantes que é acentuadamente insuficiente para atender às necessidades.

Segundo Saab (2010), o grande problema na produção de fertilizantes no Brasil é a dependência das importações de matéria-prima para sua fabricação, principalmente vindos de países como China, Rússia e outros.

De acordo com Florence (2010), a dependência das importações de matéria-prima para a fabricação de fertilizantes no Brasil, está quantificado na Tabela 2.

Tabela 2 – Porcentagem média de importação de alguns fertilizantes no Brasil, 2009.

Fertilizante	Porcentagem média
<u>Mistura</u>	
N	71%
P ₂ O ₅	55%
K ₂ O	69%

Fonte: Florence (2010).

Franco (2010) afirmou que o Brasil é muito dependente das importações de matérias-primas para a fabricação de fertilizantes. Mas segundo o autor, nos próximos 10 anos o Brasil conseguirá diminuir a grande dependência das importações, porque a Petrobrás em conjunto com empresas do setor irá produzir matéria-prima para a fabricação de fertilizantes.

4.3-Agricultura e energia de origem fóssil

Para Pimentel et al.(1973) a dependência da agricultura moderna frente a insumos provenientes de fontes não renováveis de energia acentuou-se ao longo do tempo.

Lima (2007) classificou os recursos energéticos em renováveis e não renováveis. Os recursos renováveis compreendem os produtos originários do processo fotossintético como biomassa em geral, lenha, dejetos agrícola, energia solar, eólica e a hidroenergia. Os recursos energéticos não renováveis englobam os combustíveis fósseis como carvão, petróleo e o gás natural.

Face aos acontecimentos ocorridos na metade dos anos 70, ou seja, a elevação abrupta e substancial do preço do petróleo, a matriz energética que sustentava a produção agrícola passa a merecer mais atenção e estudos apurados (LIMA, 2007).

Goldemberg (1998) afirmou que a crise energética experimentada pelo mundo reforçou a tese da necessidade estratégica de se pensar a dependência da matriz energética do modelo agrícola frente à utilização de recursos naturais não renováveis, no caso os combustíveis fósseis. De forma geral, 75,5 % do consumo mundial de energia em 1989 foi de origem fóssil.

Ao estudar o cultivo de milho no “cinturão verde” dos EUA, Aldrich et al. (1975) informaram que a utilização de combustíveis representou 17,54% do dispêndio energético total e os fertilizantes industriais representaram 24,23%.

Heichel (1976), em seu trabalho relacionou a utilização de energia e a produtividade de diversos produtos agrícolas norte-americanos. Culturas como as de sorgo, cana-de-açúcar, milho, feijão-verde, tomate, alface, brócolis, couve-flor, aipo e melão foram avaliadas, obtendo-se como resultado geral uma alta dependência energética de combustíveis fósseis que representaram 25,1% e os fertilizantes industriais 35,3%.

Pierotti e Keller (1977) calcularam a intensidade de energia necessária para a produção de trigo nos EUA. Os principais itens de dispêndio calórico foram os fertilizantes que representaram 32,02% e os combustíveis 39,23%.

Em trabalhos que envolveram análise energética da produção de cana-de-açúcar, Lipinski e McClure (1977) no Havaí, e Gomes da Silva e Serra (1978) no Brasil, concluíram que o combustível e a maquinaria representam 34,15% e os fertilizantes representam 21,8% do percentual de *inputs* energéticos.

Serra et al. (1979), ao procederem as avaliações da energia injetada na fase agrícola de culturas, assinalaram que os conteúdos energéticos mais expressivos da cultura do milho corresponderam aos gastos com combustíveis e maquinaria de 32,6% e fertilizantes de 30,8%.

Pimental e Burgess (1980), ao desagregarem o gasto energético total para o milho em grão produzido em estados norte americanos, afirmaram que os *inputs* calóricos mais representativos correspondem aos fertilizantes industriais com 32,15% e os combustíveis e agrotóxicos com 27,08%.

Slessor (1984), ao pesquisar a produção de trigo nos EUA, Canadá, Argentina e Austrália, relatou que os maiores gastos energéticos foram com os fertilizantes com um montante de 23,15% e os combustíveis e preparação de terreno com 32,12%.

No trabalho de Dazhong e Pimentel (1984) foi descoberto que existe um grau considerável de dependência frente aos recursos naturais não - renováveis

nas relações de consumo de energia no agroecossistema trigo localizado no nordeste da China, principalmente os fertilizantes que correspondem 28,72% e os combustíveis com 33,15%.

Ao estudar a cultura do milho no Chile, Fuentes (1987), concluiu que os maiores consumos energéticos verificados concentram-se no combustível 34,72%, fertilizantes nitrogenados 22,72% e agrotóxico 6,5%.

Ulbanere (1988), ao analisar o balanço energético relativo à produção de grãos de milho no Estado de São Paulo, apontou para as significativas participações de fertilizantes 29,29% e de combustíveis 23,06%.

Campos et al. (1998), ao estudarem a produção de silagem de milho em sistema intensivo de produção de leite na região de Coronel Pacheco, estado de Minas Gerais, concluíram que as maiores participações calóricas corresponderam aos fertilizantes 28,39%, seguindo do processo de irrigação 14,58% e combustíveis e lubrificantes 13,84%.

Ao pesquisar a produção de feno a partir de coast-cross e alfafa, no interior de Minas Gerais, Campos (2001) concluiu que os combustíveis representam 22,14% e os fertilizantes industriais representam 26,08%, onde ambos demandaram maior percentual de *inputs* energéticos.

Santos et al. (2001), ao estudarem as culturas de trigo e soja em Passo Fundo, RS, chegaram à conclusão de que os maiores consumos energéticos concentram-se nos combustíveis que correspondem a 25,11% e os fertilizantes nitrogenados que correspondem a 28,21%.

Bueno (2002), ao pesquisar o cultivo de milho no sistema de plantio convencional em assentamento rural em Itaberá /SP, concluiu que os maiores consumos energéticos concentraram-se nos combustíveis que corresponderam a 25,40% e nos fertilizantes industriais 45,72%.

Teixeira et al. (2005), ao procederem avaliações energéticas na produção de tomate, localizadas no município de Coimbra, no interior de Minas Gerais, concluíram que os *inputs* calóricos mais representativos corresponderam aos fertilizantes, particularmente os nitrogenados que representaram 38,10% do dispêndio energético total, e os combustíveis em 24,03%.

Romero (2005), ao estudar o cultivo de algodão, em Leme/SP, concluiu que os maiores consumos energéticos concentraram-se nos fertilizantes com 29,14% e nos combustíveis com 23,08%.

Santos (2006), ao pesquisar o cultivo de milho no sistema de plantio direto, em assentamento rural em Itaberá /SP, concluiu que os maiores consumos energéticos concentraram-se nos fertilizantes industriais 34,42%, e nos combustíveis 28,43%.

Pracucho et al. (2007), estudando a produção de milho no sistema de plantio direto em propriedades familiares localizadas no município de Pratânia interior de São Paulo, observaram que os maiores consumos energéticos concentram-se nos fertilizantes industriais com 46,70% e nos combustíveis com 30,47%.

Albuquerque et al. (2008), ao calcularem a intensidade de energia necessária para a produção de mamona consorciada com feijão, afirmaram que os maiores consumos energéticos são os fertilizantes com 20,14% e os combustíveis com 26,46%.

Beltrão et al. (2009), ao analisarem a produção de algodão, localizadas no Mato Grosso do Sul, verificaram que os maiores consumos energéticos concentram-se nos, combustíveis com 32,12%, nos fertilizantes 24,09% e nos agrotóxicos com 5,3%.

Ao pesquisar a suinocultura, no estado do Rio Grande do Sul (RS), Perin (2010) observou que para se obter o milho para a produção da ração, dentro do processo do plantio do milho, os maiores consumos energéticos são os combustível e maquinaria 30,8% e os fertilizantes 28,9%.

4.4. Análise energética

A análise energética quantifica a energia diretamente consumida ou indiretamente utilizada em pontos previamente estabelecidos de um determinado sistema produtivo (HESLES, 1981).

Este conceito pode ser estendido para o caso de sistemas agrícolas, pois segundo Netto e Dias (1984), a energia e agricultura estão intimamente vinculadas. Essa vinculação se apresenta em todas as interações presentes em um agroecossistema.

Estudando a contabilidade energética no setor agropecuário, Beber (1989) afirmou que há quatro tipos de abordagens de análises energéticas: por produto, por sistema de produção, por propriedade e por tamanho de propriedade.

Risoud (1999) descreve que a análise energética do setor agrícola pode ser apresentada em escalas diferentes, desde uma análise para países como um todo; passando por cadeias agro-alimentares específicas e em nível de propriedade ou exploração agrícola; até por produto, ou melhor, colocado pela autora, por itinerário técnico do produto.

As “entradas” energéticas nos agroecossistemas são de dois tipos: energia em forma de radiação solar e energia contida nos insumos culturas. As “saídas” energéticas podem ser consideradas basicamente de um só tipo, produtos provenientes de lavouras ou animais (HART, 1980).

Bueno et al. (2000) definem balanço de energia como uma atividade ou instrumento com o objetivo de se contabilizar as energias produzidas e consumidas em um determinado sistema de produção, com a função principal de traduzir em unidades ou equivalentes energéticos os fatores de produção e os consumos intermediários. Isto possibilita a construção de indicadores comparáveis entre si e que permitam a intervenção no sistema produtivo visando melhorar sua eficiência.

Mello (1986) expôs que os índices devem ser construídos no sentido de comparar e mensurar relações e grandezas energéticas que “entram” e “saem” de agroecossistemas.

Bueno (2002) reforçou o termo análise energética em ecossistemas agrícolas como uma atividade ou instrumento destinado a contabilizar as energias produzidas (*outputs*) e as energias consumidas (*inputs*) em um determinado sistema de produção agrícola.

Ainda para Bueno (2002), são diversas as unidades que compõem “entradas” e “saídas” de um agroecossistema, passo importante é convertê-las num denominador comum, unidades energéticas.

De acordo com Risoud (1999), a unidade utilizada atualmente em estudos de eficiência energética é aquela do Sistema Internacional, ou seja, Joule (J) e seus múltiplos, principalmente megajoules (MJ).

Bueno (2002), ao proceder à avaliação energética da cultura do milho em assentamento rural, utilizou dois índices para expressar os resultados: eficiência cultural (equação 1) e energia cultural líquida (equação 2).

$$\text{Eficiência cultural} = \text{"saídas" úteis} / \text{"entradas" culturais} \quad \text{Eq. 1}$$

$$\text{Energia cultural líquida} = \text{"saídas" úteis} - \text{"entradas" culturais} \quad \text{Eq. 2}$$

A equação 2, bastante utilizada, representa a diferença entre a energia útil que deixa o agroecossistema e a energia cultural que entra no processo, denominado energia líquida cultural. Assim sendo, este índice apresenta o desempenho energético do agroecossistema e é expresso em unidades energéticas (BUENO, 2002).

Risoud (1999) numa ótica que orienta à relação entre sustentabilidade e análises energéticas de explorações agrícolas, utiliza índices que captam o uso de energias renováveis no agroecossistemas, denominados de balanço e eficiência energética. Esses índices estão representados pelas equações 3 e 4, respectivamente:

$$\text{Balanço energético} = \Sigma \text{ energias bruta dos produtos} - \Sigma \text{ das "entradas" de energias não renováveis} \quad \text{Eq. 3}$$

$$\text{Eficiência energética} = \Sigma \text{ energias bruta dos produtos} / \Sigma \text{ das "entradas" de energias não renováveis} \quad \text{Eq. 4}$$

Risoud (1999) distinguiu como energias não renováveis, essencialmente, as fontes *fósseis* e *nucleares*.

4.5. Estrutura de dispêndio energético

Neste item discriminam-se as formas e critérios de diferenciação e classificação das energias na matriz energética.

Uma vez que a origem e a forma de utilização da energia nos agroecossistemas apresentam-se de maneira diferenciada, faz-se necessário classificá-la para que se possam realizar análises energéticas.

O balanço de energia em ecossistemas agrícolas parte do pressuposto de que é possível buscar um denominador comum que permita comparações entre sistemas, considerando a possibilidade concreta de conversão para uma mesma unidade calórica de instrumentos e materiais diferentes como máquinas, combustíveis, trabalho humano, sementes, fertilizantes dentre outros (HESLES, 1981).

Malassis (1973) considerou que os fluxos de energia existentes no processo de produção agrícola são três: “fluxos externos”, “internos” e “perdidos ou reciclados”.

Por fluxo externo entende-se a energia injetada no agroecossistema, fluxo interno e a energia contida na própria produção, e por fluxo perdido ou reciclado as energias não aproveitáveis no agroecossistema, podendo ou não ser recicladas (COMITRE, 1993).

Macedônio e Picchioni (1985) ao proporem a metodologia para a quantificação do consumo de energia fóssil no processo de produção agropecuária, classificaram a energia em primária ou secundária, segundo a forma que se apresenta na natureza. Por energia primária, entendem as autoras (p.12) “(...) as fontes providas pela natureza na sua forma direta, como a energia luminosa provida do Sol, a energia química provida do petróleo, a energia mecânica provida do vento ou da água, e outras”. Energia secundária, por sua vez, “(...) é considerada como aquela derivada da energia primária que passa por um centro de transformação,... como no caso do óleo diesel que é energia química secundária derivada da energia química primária do petróleo, encontrado na natureza”.

Para Ulbanere (1988), o fluxo externo e aquele aplicado ao ecossistema agrícola, constituindo-se de dois tipos básicos de energia: energia direta e energia indireta. O autor se referiu à energia direta como ao conteúdo energético de combustíveis e lubrificantes; sendo a energia indireta o conteúdo dos demais insumos e maquinaria (sementes, corretivos, fertilizantes e outros). A energia contida na atividade humana não foi contabilizada.

Carmo e Comitre (1991) e Bueno (2002) categorizaram as energias em três grupos segundo sua origem: “Biológica”, “Fóssil” e “Industrial”. Dessa forma, energia humana, animal, resíduos de animais e da agroindústria, material genético de propagação, alimentos para os animais, adubação verde e cobertura morta fizeram parte da categoria “biológica”. No grupo de energia “fóssil” incluíram-se os produtos e subprodutos

do petróleo, como combustíveis, lubrificantes, graxa, fertilizantes e agrotóxicos. Tratores e equipamentos agrícolas (tração mecânica e animal) e energia elétrica fizeram parte da categoria “industrial”.

Uma vez escolhidos os índices a serem utilizados, é necessário definir as “entradas (inputs) e as “saídas” (outputs) de energia do agroecossistema. A definição delas tem início pela descrição e quantificação das unidades, entre outras, de massa, volume e tempo (quilogramas, litros, horas de trabalho, por exemplo) que se apresentam no agroecossistema. Essas descrições e quantificações são as chamadas exigências físicas de um sistema produtivo (BUENO, 2002).

Bueno (2002) afirmou que tais exigências, que nada mais são do que coeficientes técnicos adequados devem então ser correlacionados as unidades dimensionais de área visando não apenas obter dados e índices individualizados, como também permitir o estabelecimento de comparações entre agroecossistemas.

Ressaltam-se discussões a respeito das formas de obtenção dos conteúdos energéticos dos componentes de “entradas” e “saídas” a serem considerados, bem como a opção utilizada na construção da estrutura de dispêndio energético do agroecossistema (BUENO, 2002).

Sendo assim, em função do apresentado, neste trabalho considerou-se a classificação adotada por Carmo e Comitre (1991), onde formas de entradas de energia de origem biológica, tais como: mão-de-obra e sementes; e as de origem fóssil como: óleo diesel, lubrificante e graxa, são consideradas dentro da energia do tipo direta. Assim também, as de origem industrial: máquinas e implementos, corretivo de solo e fertilizantes químicos e agrotóxicos, são considerados do tipo indireta.

Embora, tenha sido considerada a classificação pelos autores acima citados ressaltar-se que nesta classificação não é considerado o processo de produção das formas de entradas de energia tais como: máquinas e implementos, corretivo de solo, fertilizantes e agrotóxicos, que nos seus processos tanto de fabricação como de produção tem componentes de origem fosseis não contabilizados.

4.6. Fertilizantes industriais e seu consumo de energia

Neto e Dias (1984) afirmam que a agricultura passou a depender, em muito, de fatores e insumos externos. A dependência externa destes estabelecimentos, no sentido do aumento da produção e produtividade agrícola, modificaram a matriz energética que os sustentava. Essa matriz energética, que caracterizava o modelo da agricultura convencional, baseou-se, na utilização de fontes não renováveis de energia, os combustíveis fósseis. Em função da abundância e dos baixos preços desse insumo, não eram muitas as preocupações com relação aos perfis de demanda energética da agricultura, ou mesmo do chamado balanço energético das atividades agrícolas.

Finck (1986) observou que dentre os insumos agrícolas essenciais para o desenvolvimento das plantas, o fertilizante é um dos que demanda mais energia fóssil no seu processo de fabricação, aumentando o custo energético e ambiental.

Para Franco e Neto (2008), a indústria de fertilizantes pode ser dividida em três atividades distintas: produção de matéria-prima básica e matérias intermediárias, e de fertilizantes básicos e misturas. Na primeira atividade, as empresas produzem às matérias-primas básicas, no caso dos fertilizantes nitrogenados a amônia anidra e intermediárias como ácidos nítricos e sulfúricos. Na segunda atividade, fabricam-se os fertilizantes básicos nitrogenados como a uréia, nitrato de amônio, sulfato de amônio e outros. Já na terceira atividade, a de misturas, as empresas atuam como misturadoras que compram matérias-primas e fertilizantes básicos e elaboram as formulações nas dosagens adequadas ao tipo de solo ou cultura agrícola.

Bendassolli et al. (2002) afirmam que uma das formas de obtenção da amônia é através da reação entre o nitrogênio proveniente do ar mais o hidrogênio proveniente da nafta (derivado do petróleo) utilizando alta temperatura (proveniente da queima de gás natural, óleo ou carvão mineral), todos de origem fóssil.

Franco e Neto (2008) destacaram diversas fontes de matérias-primas e combustíveis usadas para a produção de amônia, havendo, como opções, o gás natural, a nafta, o gás de refinaria, o óleo pesado e o carvão mineral, dependendo da disponibilidade e do custo na região onde será instalada a planta. Para os autores, a produção de fertilizantes no mundo utiliza 1,2% de todo o consumo mundial de energia, sendo que, destes, 92,5% são usados para a produção dos fertilizantes nitrogenados. Boa

parte desta energia é usada como matéria-prima e combustível, especificamente para a produção de amônia, por se tratar de um processo que requer elevado consumo de energia.

O carvão se apresenta em duas formas, o carvão vegetal que é obtido através da queima da madeira em fornos específicos para esse fim, e o carvão mineral que é obtido através da decomposição de plantas e de animais. São necessários dois milhões de anos para que essa matéria orgânica se torne carvão, extraído pelo homem através de processos de extração situados em minas de carvão (FRANCO e NETO, 2008).

Para Bendassolli et al. (2002), a amônia anidra é um gás obtido pela reação do gás de síntese, uma mistura na relação 1:3 de nitrogênio (N) proveniente do ar com o hidrogênio (H) de fontes diversas: nafta, gás natural, óleo combustível ou de outros derivados de petróleo, utilizando alta temperatura e pressão.

Lima (2007) afirma que a amônia é o insumo-chave para obtenção dos fertilizantes nitrogenados. As atuais fábricas de amônia para fins fertilizantes no Brasil utilizam gás natural e nafta como matéria-prima para retirar o hidrogênio. Atualmente se utiliza mais a nafta por motivos financeiros. Mas, no futuro, apesar da tendência de aumento de preço, o gás natural deverá reduzir em média 30% da nafta consumida atualmente, pois reúne melhores condições energéticas e ambientais.

A nafta é um subproduto do petróleo, é obtida através do processo de refino do petróleo, podendo ser usada como produto intermediário na fabricação da gasolina e de fertilizantes nitrogenados (MALAVOLTA, 1981).

Bendassolli et al. (2002) descreveram que entre os fertilizantes nitrogenados deve-se considerar a uréia como principal fonte de nitrogênio, com teor de N (45%), se compararmos os outros fertilizantes nitrogenados sólidos usualmente utilizados (sulfato de amônio – 20% de N e o nitrato de amônio – 32% de N).

Ainda segundo Bendassolli et al. (2002), desta forma, apresenta o mais baixo custo de transporte e estocagem por unidade de N contido. O produto pode ser utilizado na forma de pérolas, grânulos ou como fertilizantes líquidos. É comercializado como elemento simples ou em misturas. A uréia é produzida comercialmente a partir de amônia e dióxido de carbono. A reação ocorre em fase líquida a altas pressões e temperaturas. Os processos de produção de uréia são todos semelhantes, diferenciando-se pelas condições nas quais a formação de uréia ocorre e na forma como os reagentes não convertidos são processados posteriormente. A amônia e o gás carbônico, utilizados como

matéria-prima na produção de uréia, são obtidos em uma mesma unidade de produção, o gás carbônico é obtido através da queima do gás natural.

De acordo com Saab (2010), a uréia é o fertilizante nitrogenado mais utilizado no mundo. O autor menciona em seu trabalho que o consumo de uréia aumentou ao longo dos últimos 10 anos em 63%.

Levando em conta a previsão de produção de 47.339 mil toneladas de açúcar em 2018/2019, e a previsão de produção de 50 bilhões de litros de etanol. Para atingir essas produções a área plantada de cana de açúcar terá um crescimento de 4,3 milhões de hectares, passando de 8,65 milhões de hectares em 2009 para 12,94 milhões de hectares em 2019. Esse incremento de área deverá absorver mais de 800 mil toneladas de fertilizantes industriais, em que 70% desse montante será uréia (SAAB, 2010).

Na questão relacionada à utilização de energia no processo de produção dos fertilizantes nitrogenados, Makhijani e Poole (1975), ao analisarem o processo de produção e levando em consideração as entradas energéticas como energia elétrica, afirmaram que o coeficiente energético adotado para a produção de nitrogênio depende da sua matéria-prima, nafta, gás natural e óleo ou carvão mineral. Os autores consideraram que para a produção de 1 kg de N são necessários 18.750 kcal em países “subdesenvolvidos” e 25.000 kcal em países “em desenvolvimento”.

Os mesmos autores destacam ainda que alguns países “subdesenvolvidos” dispõem de poucas reservas de gás e petróleo e grandes reservas de carvão, acarretando à utilização do carvão para se obter a temperatura necessária para a fabricação da amônia.

Para Leach (1976), em trabalho relacionando energia e produção de alimentos no Reino Unido e utilizando dados de um grande fabricante de fertilizantes da Grã-Bretanha, levou em consideração o processo de produção para a obtenção da amônia utilizando apenas as entradas energéticas como energia elétrica e não considerando a utilização das entradas de gás natural há um custo energético médio de 19.111 kcal para a produção de 1 kg de N. Salienta-se que, em seu trabalho, Leach faz referência a um custo adicional de 120 kcal kg⁻¹ de fertilizantes correspondente ao transporte marítimo desses produtos.

Mercier (1978), ao analisar o processo de produção para a obtenção da amônia, desconsiderando as entradas energéticas como energia elétrica e gás natural, apontou um custo energético médio de 15.247 kcal para a produção de 1 kg de N.

Serra et al (1979), em trabalho relacionando a energia e produção de fertilizantes nitrogenados, não levaram em consideração as entradas energéticas como energia elétrica e gás natural, apontou um custo energético médio de 13.875 kcal para a produção de um quilo de nitrogênio.

Ao estudar os valores calóricos pertinentes no processo de produção industrial dos fertilizantes nitrogenados nos EUA, Lockeretz (1980) incluiu os custos energéticos referentes ao gás natural, transporte e armazenagem, desconsiderando a utilização das entradas de energia elétrica. Dessa forma o autor atribuiu os coeficientes calóricos equivalentes a 17.808 kcal kg⁻¹ de N.

Pimentel (1983), ao analisar o processo de produção industrial dos fertilizantes nitrogenados nos EUA, levando em consideração as entradas energéticas como energia elétrica, e não considerando a utilização das entradas de gás natural, afirmou que o coeficiente energético adotado para a produção de nitrogênio é de 19.200 kcal para a produção de 1 kg de N.

Ao proceder à análise acerca da evolução industrial de fertilizantes nitrogenados no Brasil, Felipe Junior et al. (1984) atribuíram o coeficiente de 14.930 kcal como referência ao custo energético de uréia produzido, desconsiderando a utilização das entradas de gás natural e energia elétrica e do processo de obtenção da amônia.

Finck (1986), estudando a produção industrial de fertilizantes nitrogenados na Alemanha, levando em consideração as entradas energéticas referentes ao gás natural, desconsiderando a utilização das entradas de energia elétrica, afirmou que o coeficiente energético adotado para a produção de um quilo de nitrogênio é de 13.480 kcal.

Pellizzi (1992), em trabalho que relaciona a energia e produção industrial dos fertilizantes nitrogenados na Itália, levando em consideração o processo de produção para a obtenção da amônia, utilizou apenas as entradas energéticas como energia elétrica sem considerar a utilização das entradas de gás natural, apontou um custo energético médio de 17.520 kcal para a produção de 1 kg de N.

Fernández (1996), ao estudar a produção industrial dos fertilizantes nitrogenados na Europa, apontou os seguintes valores enérgicos: 1 kwh é igual a 863 kcal, 1 m³ em média de gás natural é 5,85 kcal, 1 grama de nitrogênio do ar em média é 11,6 kcal, 1 grama em média de hidrogênio da nafta é 13,9 kcal, e 1 m³ de gás carbônico em média é 9,2 kcal.

Por outro lado, os trabalhos nacionais utilizam-se do BEN (Balanço Energético Nacional) para apresentar os índices energéticos.

No Balanço Energético Nacional, apresentam-se os seguintes valores energéticos: 1 kwh é igual a 860 kcal, 1 m³ em média de gás natural é 5,37 kcal, 1 grama de nitrogênio do ar em média é 10,6 kcal, 1 grama em média de hidrogênio da nafta é 13,5 kcal, e 1 m³ de gás carbônico em média é 9,6 kcal (BRASIL, 2010).

5. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido mediante pesquisa exploratória a partir de literatura específica e informação de profissionais com experiência, atuação e conhecimento da realidade do setor industrial de fertilizantes.

Elaborou-se um cadastro de empresas representativas desse setor para posterior contato no sentido de estabelecer interação positiva com a pesquisa em curso, propondo-se, dessa forma, a disponibilização de informações.

Após contatos com organizações que se dispusessem a participar da pesquisa, aplicou-se o instrumento adequado de coleta de dados, baseada em visitas técnicas junto ao pólo industrial de fertilizantes. No intuito de conhecer o fluxograma do processo de produção dos fertilizantes nitrogenados, com ênfase na produção de uréia, coletaram-se dados sobre a participação e o consumo de energias fósseis envolvidas no processo de fabricação, por intermédio de pesquisa quantitativa e qualitativa, utilizando-se questionário semi-estruturados, conforme apêndice 1.

A indústria primária de fertilizantes onde ocorreram as visitas técnicas é uma empresa privada e seu anonimato decorre da solicitação dos seus dirigentes. Para efeito de sua caracterização e identificação no trabalho, utilizou-se do nome fictício de “XWY”.

Estima-se que, atualmente, essa empresa esteja entre as maiores empresas de fertilizantes do Brasil.

Também se utilizou nessa pesquisa o BEN (Balanço Energético Nacional) como parâmetro para apresentar os índices energéticos.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados orbitam sobre análise do fluxograma de fabricação da uréia levando como base o processo primário com a adição dos insumos não produtivos necessários para a fabricação.

O fluxograma representativo é apresentado na Figura 1 a partir do processo primário de produção com a adição dos insumos não produtivos necessários para a fabricação.

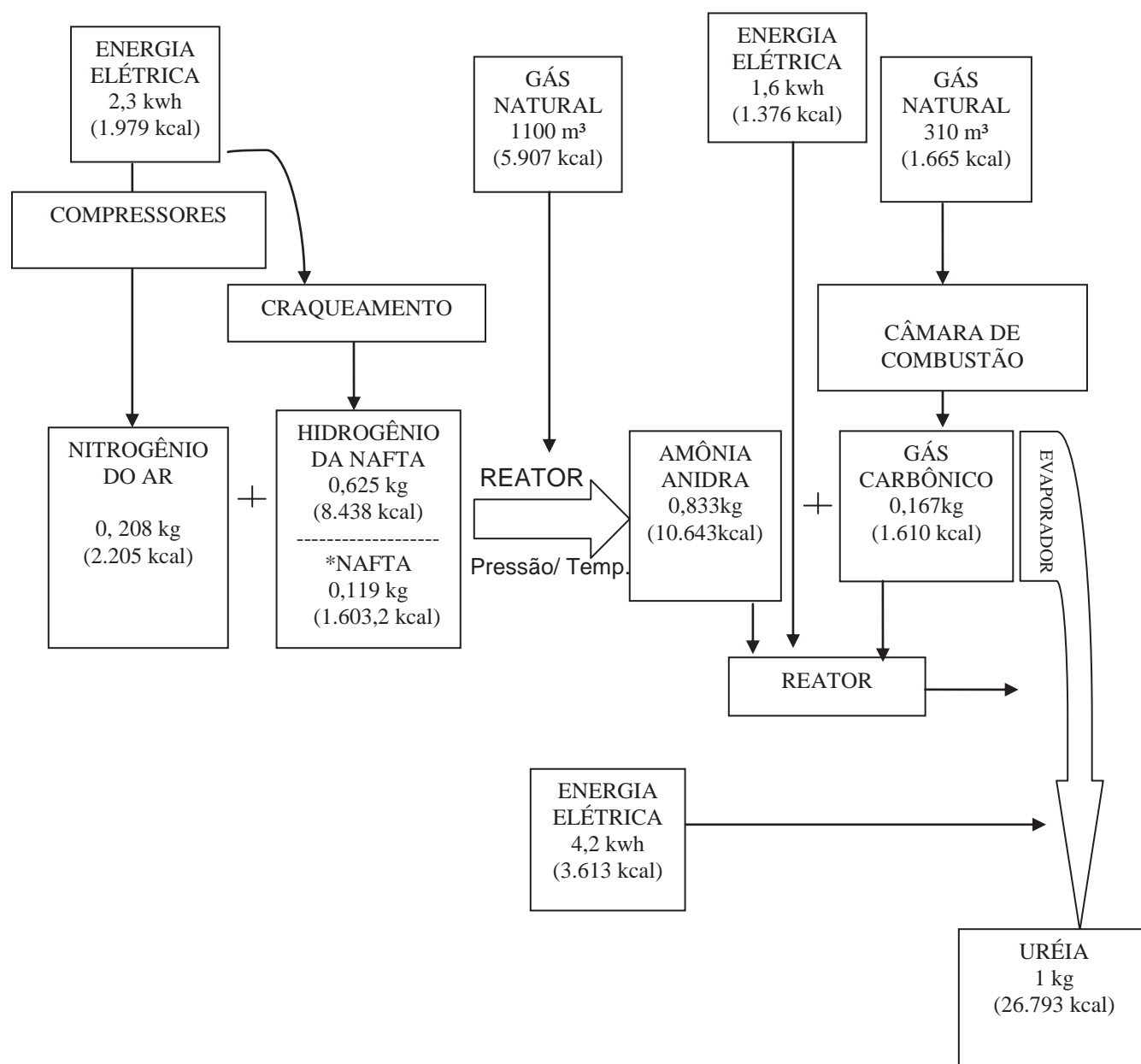


Figura 1 – Processo primário com a adição dos insumos não produtivos necessários para a fabricação da uréia.

Fonte: Indústria de fertilizantes “XWY”.

*Os valores relacionados à Nafta (0, 119 kg = 1.603,2 kcal) são referentes à separação do valor apenas do produto nafta (energia de fonte fóssil), no montante total do hidrogênio da nafta. Pode-se perceber que no ato da soma dos valores energéticos esse valor já está contabilizado no montante total do hidrogênio da nafta.

Assim, observa-se na Figura 1 que o fluxograma do processo de produção está completo, com todas as entradas energéticas necessárias para a produção da uréia.

O processo se inicia com a captação do nitrogênio do ar por meio de compressores que utilizam a energia elétrica para absorver o ar da atmosfera, passando por filtros que tem a função de separar o nitrogênio do restante dos gases.

Num segundo momento, no interior de um reator de síntese, é adicionado o hidrogênio proveniente da nafta. A função do reator é transformar a mistura do nitrogênio e do hidrogênio em amônia, através de processos químicos com temperatura e pressão elevadas em seu interior, o gás natural é o responsável para aquecer o reator de síntese.

Num terceiro momento é adicionado junto à amônia o gás carbônico, proveniente da queima do gás natural em uma câmara de combustão, após esse processo concluído se obterá a uréia.

Na questão relacionada à utilização da energia de fontes fósseis nesse fluxograma se tornam significativas.

Nesse caso o hidrogênio da nafta que é proveniente de fontes fósseis, que, segundo dados da empresa “XWY”, a quantidade de nafta nesse processo em média é a relação de 1 grama de nafta (produto) para produzir 10 gramas de hidrogênio da nafta (gás), a partir de uma reação química.

Essa reação química é chamada de craqueamento, onde a nafta é bombeada através da seção de pirólise (pirólise é a dissolução, através de uma reação de decomposição que ocorre pela ação de altas temperaturas, onde corre uma ruptura da estrutura molecular original de um determinado composto pela ação do calor em um ambiente com pouco ou nenhum oxigênio) do craqueamento da nafta, que é quebrada no forno tubular na presença do vapor. O processo de pirólise converte os hidrocarbonetos pesados em frações leves, principalmente eteno e propeno, removendo as moléculas de hidrogênio. Essas moléculas de hidrogênio se multiplicam e se transformam no hidrogênio da nafta, utilizado como matéria-prima na produção dos fertilizantes nitrogenados.

Já na questão relacionada aos valores do consumo de energia no processo de fabricação, a empresa “XWY” informou todos os valores, após a mensuração

desses dados, foi utilizado o Balanço Energético Nacional como parâmetro para apresentar os índices energéticos.

Assim, pode-se concluir que nesse fluxograma a nafta e mais a utilização do gás natural ambas energias não renovais de fonte fóssil, alcançam um valor energético de 9.175,2 kcal.

Outra entrada energética é a utilização da energia elétrica empregada como fonte de alimentação das máquinas de produção, correspondem ao montante energético de 6.968 kcal.

Nesse fluxograma o consumo total de energia empregado para a produção de um quilograma de uréia corresponde ao consumo energético de 26.793 kcal.

Levando por base o fluxograma, observa-se a dependência de combustíveis provenientes de fontes fósseis de energia nos processos produtivos de obtenção dos fertilizantes nitrogenados não apenas em sua matéria-prima (amônia), mas também no processo da queima de combustíveis fósseis para a obtenção da uréia, acarretando problemas de ordem ecológica sócio-econômico, ameaçando assim a sustentabilidade.

Já na questão energética, no interior de agroecossistemas ocorrem fluxos de energia necessários à produção de alimentos e matérias primas. Insumos externos são introduzidos nos sistemas agropecuários e florestais no sentido de manter e aumentar a produção e produtividade.

Análises energéticas se apresentam como instrumentos no sentido de mensurar as energias de entrada e saída. A mensuração torna-se possível por intermédio da aplicação de índices. Em linhas gerais, pode-se utilizar um índice que não classifica as entradas energéticas: eficiência cultural (razão estabelecida entre saídas e entradas gerais e totais). Por outro lado, existe, por exemplo, índice que, a partir de uma dada classificação (na linha adotada por essa pesquisa em *tipo, fonte e forma*), estabelece razão entre saídas e entradas não renováveis (Risoud), chamado eficiência energética, captando dessa maneira, a dependência de um dado sistema às energias provenientes de fontes de origem fóssil.

Para tanto, é necessário construir a estrutura de dispêndios energéticos de um dado sistema (agroecossistemas, por exemplo), onde os insumos que compõe as entradas são descritos e classificados de acordo com a linha que se adota. Um importante insumo descrito em vários sistemas de produção agropecuários e florestais são os fertilizantes industriais que, tal como os demais, possuem um dado coeficiente

energético. Esse coeficiente energético é calculado e informado por diversos autores levando em conta várias premissas. Alguns deles, não contabilizam os insumos “não produtivos” como gás natural. Já outros autores não contabilizam a energia elétrica, por exemplo. Por esse motivo que o custo energético para a produção de um quilo de N é diferente entre os autores.

Dessa forma seria importante definir um pouco mais objetivamente o que se contabiliza e os respectivos conteúdos energéticos na produção de uma dada unidade de massa (quilogramas ou toneladas, por exemplo) de fertilizante industrial (no caso dessa pesquisa, por uma série de razões nitrogenados e especificamente uréia) obtendo-se dessa maneira uma aproximação mais real do conteúdo energético total.

Assim, é possível contabilizar não apenas o total de energia envolvido na produção de fertilizantes nitrogenados (uréia, particularmente) e que fará parte da estrutura de dispêndios energéticos, mas a participação por *tipo, fonte e forma* dos insumos, acrescentando na estrutura de dispêndios energéticos não somente o total de energia envolvido como também a distribuição classificada dessa energia: por *tipo* (direta ou indireta); por *fonte* (biológica, fóssil e industrial) e por *forma* (energia elétrica, gás natural, etc.). Tal procedimento aproximaria mais a estrutura de dispêndio energético da realidade e definiria mais adequadamente a dependência do insumo (no caso uréia) de fontes fósseis, e, por consequência, todo o agroecossistema.

Dessa forma, analisando o fluxograma, pode-se verificar que a estrutura de dispêndio energético não condiz com a realidade, porque até então como foi descrito anteriormente os autores não mensuraram todas as entradas energéticas do processo de produção da uréia, por exemplo.

A proposta desse trabalho baseado no fluxograma considera-se necessário, que no ato da classificação na matriz energética deve-se realocar para a fonte fóssil 34,2% do total do coeficiente energético do fertilizante nitrogenado uréia, para que assim a estrutura de dispêndio energético fique mais próximo da realidade.

7.CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos e as discussões apresentadas neste estudo, pode-se destacar as seguintes conclusões:

- Os resultados obtidos demonstram a dependência de combustíveis provenientes de fontes fósseis de energia nos processos produtivos de obtenção dos fertilizantes nitrogenados não apenas em sua matéria-prima (amônia), mas também no processo da queima de combustíveis fósseis para a obtenção da uréia, acarretando problemas de ordem ecológica e sócio-econômico, ameaçando assim a sustentabilidade.

- Observa-se que na estrutura de dispêndio energético no ato da classificação, não condiz com a realidade, porque os autores não mensuraram todas as entradas energéticas do processo de produção da uréia, por exemplo. Alguns deles, não contabilizam os insumos “não produtivos” como gás natural. Já os autores não contabilizam a energia elétrica, por exemplo. Por esse motivo que o custo energético para a produção de um quilo de N é diferente entre os autores.

- Considera-se necessário, que no ato da classificação na matriz energética deve-se realocar para a fonte fóssil 34,2% do total do coeficiente energético do fertilizante nitrogenado uréia, para que assim a estrutura de dispêndio energético fique mais próximo da realidade.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

- Finalmente, esse estudo reflete a necessidade de buscar alternativas produtivas mais sustentáveis do ponto de vista energético, ou seja, que possibilitem utilização mais racional de recursos naturais não renováveis (combustíveis fósseis).

Uma alternativa seria a utilização dos fertilizantes orgânicos, mas vale ressaltar a questão de que as plantas necessitam de uma grande quantidade de fertilizantes orgânicos para fazer o mesmo efeito dos fertilizantes industriais.

Outra alternativa seria melhorar o processo de produção nas indústrias de fertilizantes, investindo em tecnologia e desenvolvimento de novas máquinas e processos mais eficientes.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBUQUERQUE, F. A. et al. **Eficiência energética do sistema de cultivo da mamoneira consorciada com amendoim**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 3., 2008, Salvador. **Anais...** Brasília, DF: Embrapa, 2008.
- ALDRICH, S. R.; SCOTT, W. O.; LENG, E. R. **Modern corn production**. 2. ed. Illinois: A & L, 1975. 378 p.
- BARROS, M. A. Workshop mercado de fertilizantes e o futuro do agronegócio. **A evolução recente do mercado de fertilizantes no Brasil** [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <aamjunior@fca.unesp.br>; <ra_mendes@uol.com.br>; <prof.antoniomendes@yahoo.com.br>; <carol@yahoo.com.br> em 14 out. 2010.
- BEBER, J. A. C. **Eficiência energética e processos de produção em pequenas propriedades rurais**. 1989. 295 f. Dissertação (Mestrado em Extensão Rural)- Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1989.
- BELTRÃO, M. et al. Balanço energético de sistemas de produção de algodão no cerrado do Mato Grosso do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO ALGODÃO, 6., 2009, Mato Grosso do Sul. **Anais...** Navari: Embrapa Algodão 2009. 1 CD-ROM.
- BENDASSOLLI, A. J. et al. Produção de amônia anidra e aquamônia enriquecida em N a partir de (NH) SO. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 59, n. 3, p.5 95-603, jul./set 2002.
- BRASIL. Legislação brasileira, lei nº- 6.894/1980 - decreto nº- 4.954/2004, instrução normativa MAPA nº-05/2007. Disponível em: <<http://www.agrolink.com.br/fertilizantes/Legislacao.aspx> > Acesso em: 16 jun. 2011.
- BRASIL. Empresa de Pesquisa Energética. Balanço energético nacional 2010: ano base 2009. Rio de Janeiro: EPE, 2010. Disponível em: <<https://ben.epe.gov.br/BENRelatorioFinal2010.aspx>>. Acesso em: 12 jun. 2011.
- BUENO, O. C. **Análise energética e eficiência cultural do milho em assentamento rural, Itaberá-SP**. 2002. 146 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura)- Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2002.
- BUENO, O. C.; CAMPOS, A. T.; CAMPOS A. T. de. Balanço de energia e contabilização da radiação global: simulação e comparativo. In: AVANCES EN INGENIERÍA AGRÍCOLA, 2000, Buenos Aires. **Anais...** Buenos Aires: Editorial Facultad de

Agronomía, 2000. p. 477-482.

CAMPOS, A. T. **Balço energético relativo à produção de feno de “coast-cross” e alfafa em sistema intensivo de produção de leite.** 2001. 23 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.

CAMPOS, A. T. et al. **Eficiência energética na produção de silagem de milho.** In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35., 1998, Botucatu. **Anais...** Botucatu: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1998. p. 293-295.

CARMO, M. S.; COMITRE, V. **Evolução do balanço energético nas culturas de soja em milho no Estado de São Paulo.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 29., 1991, Campinas. **Anais...** Brasília, DF: Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia Rural, 1991. p. 131-50.

COELHO, J. H. Workshop fertilizantes orgânicos, minerais, condicionadores de solo e substratos. **Regulamentação de insumos agrícolas.** [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <aamjunior@fca.unesp.br>; <ra_mendes@uol.com.br>; <prof.antoniomendes@yahoo.com.br>; <carol@yahoo.com.br> em 10 set. 2009.

COMITRE, V. **Avaliação energética e aspectos econômicos da filiere soja na região de Ribeirão Preto - SP.** 1993. 152 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola/Planejamento Agropecuário)-Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1993.

DAZHONG, W.; PIMENTEL, D. Energy flow through an organic agroecosystem in China. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 11, p. 145-60, 1984.

FELIPE JUNIOR, G. et al. Considerações sobre a evolução da indústria de fertilizantes nitrogenados. In: SIMPÓSIO SOBRE FERTILIZANTES NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 1., 1984, Brasília, DF. **Anais...** Brasília, DF: EMBRAPA-DEP, 1984. p. 21-71.

FERNANDEZ, H. V. **Fertilizantes y fertilización.** Barcelona: Reverte, 1996. 440 p.

FINCK, A. **Dunger und dungung.** Berlin: Reverte, 1986. 420 p.

FLORENCE, E. C. Workshop mercado de fertilizantes e o futuro do agronegócio. **Suprimento e demanda de fertilizantes no Brasil e no mundo** [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <aamjunior@fca.unesp.br>; <ra_mendes@uol.com.br>; <prof.antoniomendes@yahoo.com.br>; <carol@yahoo.com.br> em 14 out. 2010.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. **Energia para la agricultura.** Roma: FAO, 2009. 168 p.

FRANCO, M. A. J. Workshop mercado de fertilizantes e o futuro do agronegócio. **Posicionamento da Petrobras no setor de fertilizantes nitrogenados no Brasil**

[mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <aamjunior@fca.unesp.br>; <ra_mendes@uol.com.br>; <prof.antoniomendes@yahoo.com.br>; <carol@yahoo.com.br> em 14 out. 2010.

FRANCO, M. A. J.; SARAIVA NETO, A. **Produção de fertilizantes nitrogenados e suprimento de matéria-prima**. Brasília, DF: Ministério da Indústria e Comércio, 2008. 65 p.

FUENTES, A. M. B. **Requerimientos energéticos para la producción de maíz en la zona centro sur de Chile**. 1987. 63 f. Memoria de Título (Grado em Ingeniería Agronómica)-Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales, Universidad de Concepcion, Concepcion, 1987.

GOLDEMBERG, J. **Energia, meio ambiente e desenvolvimento**. São Paulo: USP, 1998. 86 p.

GOMES DA SILVA, J.; SERRA, G. E. Energy balance for ethyl alcohol production from crops. **Science**, London, v. 201, n. 4359, p. 903-906, 1978.

HART, R. D. **Agroecosistemas: conceptos básicos**. Turrialba: UCR/CATIE, 1980. 211 p.

HEICHEL, G. H. Agricultural production and energy resources. **American Scientist**, New Haven, v. 64, p. 64-73, 1976.

HESLES, J. B. S. **Objetivos e princípios da análise energética, análise de processos industriais, análise energética: métodos e convenções**. Rio de Janeiro: AIE-COPPE/UFRJ, 1981. 137 p.

LEACH, G. **Energy and food production**. London: International Institute for Environment and Development, 1976. 192 p.

LIMA, R. C. P. **Fábrica de fertilizantes nitrogenados e produção de etanol no norte fluminense**. Brasília, DF: Biblioteca Digital da Câmara dos Deputados. 2007. 40 p.

LIPINSKY, E. S.; McCLURE, T. A. Using sugar crops to capture solar energy. In: **Biological solar energy conversion**. New York, Academic Press, 1977. p. 397-410.

LOCKERETZ, W. Energy inputs for nitrogen, phosphorus and potash fertilizers. In: PIMENTEL, D. (Ed.). **Handbook of energy utilization in agriculture**. Boca Raton: CRC, 1980. p. 23-26.

MACEDONIO, A. C.; PICCHIONI, S. A. **Metodologia para o cálculo do consumo de energia fóssil no processo de produção agropecuária**. Curitiba: DERAL/SEAB, 1985. v. 1. 95 p.

MALASSIS, L. **Economie agro-alimentaire I: economie de la consommation et de la production agro-alimentaire**. Paris: Cujas, 1973. 437 p.

MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola adubos e adubação**. 3. ed. São Paulo: Ceres, 1981. 596 p.

MALAVOLTA, E.; GOMES, P. F. **Adubos e adubações**. 2. ed. São Paulo: Nobel, 2000. 200 p.

MAKHJANI, A.; POOLE, A. **Energy and agriculture in the third world: a report to the energy policy project of the Ford Foundation.** Cambridge: Ballinger, 1975. 168 p.

MELLO, R. **Análise energética de agroecossistemas: o caso de Santa Catarina.** 1986. 138 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia)-Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1986.

MELLO, F. **Uréia fertilizante.** Campinas: Fundação Cargill, 1987. 192 p.

MERCIER, J. R. **Energie et agriculture, le choix ecologique.** Paris: Debarb, 1978. 187 p.
NETTO, A. G.; DIAS, J. M. C. S. Política energética para a agricultura. In: SIMPÓSIO SOBRE ENERGIA NA AGRICULTURA, TECNOLOGIAS POUPADORAS DE INSUMOS, INTEGRAÇÃO DE SISTEMAS ENERGÉTICOS E PRODUÇÃO DE ALIMENTOS, 1., 1984, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: FCAV/UNESP, 1984. p. 3-22.

NICOLELLA, C. A. et al. Determinantes da demanda de fertilizantes no Brasil no período de 1970 a 2002. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Rio de Janeiro, v. 43, n. 1, p. 81-100, jan/mar 2005.

PELLIZZI, G. Use of energy and labour in Italian agriculture. **Journal of Agricultural Engineering Research**, London, v. 52, n. 2, p. 119, 1992.

PERIN, L. M. **Avaliação energética e econômica como indicadores da capacidade de suporte de sistemas agropecuários integrados a suinocultura.** 2010. 79 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia, Modelagem e Ciências Sociais)-Universidade Federal do ABC, Santo André, 2010.

PIEROTTI, A.; KELLER, A. G.; FRITSCH, A. S. **Energy and food.** Washington, DC: CSPI, 1977.

PIMENTEL, D. (Ed.). **Handbook of energy utilization in agriculture.** Boca Raton: CRC, 1980. 475 p.

PIMENTEL, D. **Energy use in cereal grain production.** Ithaca: Cornell University, 1983. 90 p.

PIMENTEL, D.; BURGESS, M. **Energy inputs in corn production.** In: PIMENTEL, D. (Ed.). **Handbook of energy utilization in agriculture.** Boca Raton: CRC, 1980. p. 67-84.

PIMENTEL, D. et al. Food production and the energy crises. **Science**, London, v. 182, 1973, p. 443-449.

PINTO, G. C. L. Workshop mercado de fertilizantes e o futuro do agronegócio. **Estratégias de investimentos no setor de fertilizantes** [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <aamjunior@fca.unesp.br>; <ra_mendes@uol.com.br>; <prof.antoniomendes@yahoo.com.br>; <carol@yahoo.com.br> em 14 out. 2010.

PRACUCHO, M. G. T. T. et al. Análise energética e econômica da produção de milho em sistemas de plantio direto em propriedades familiares no município de Pratânia/SP. **Revista Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 22, n. 2, p. 94-109, 2007.

RISOUD, B. Développement durable et analyse énergétique d' exploitations agricoles. **Economie Rurale**, Paris, n. 252, p.16-27, juillet-aout, 1999.

ROMERO, C. G. M. **Análise energética e econômica da cultura de algodão em sistemas agrícolas familiares**. 2005. 144 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2005.

SAAB, A. A. Workshop mercado de fertilizantes e o futuro do agronegócio. **Plano estratégico para o setor de fertilizantes** [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <aamjunior@fca.unesp.br>; <ra_mendes@uol.com.br>; <prof.antoniomendes@yahoo.com.br>; <carol@yahoo.com.br> em 14 out. 2010.

SANTOS, R. R. **Análise energética do milho em sistema de plantio direto, em assentamento rural, Itaberá-SP**. 2006. 70 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2006.

SANTOS, P. H. et al. Conversão e balanço energético de sistemas de sucessão e de rotação de culturas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 2, p. 191-198, 2001.

SERRA, G. E. et al. **Avaliação da energia investida na fase agrícola de algumas culturas**. Brasília, DF: Ministério da Indústria e Comércio, 1979. 86 p.

SLESSER, M. Energy use in the food-producing of sector of the European Economic Community. In: STANHILL, G. (Ed.). **Energy and agriculture**. Berlin: Springer, 1984. p. 132-153.

TEIXEIRA, A. C. et al. Balanço energético de uma cultura de tomate. **Revista Brasileira Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v. 9, p. 429-432, 2005.

ULBANERE, R. C. **Análise dos balanços energéticos e econômicos relativa à produção e perdas de grãos de milho no Estado de São Paulo**. 1988. 127 f. Tese (Doutorado em Agronomia /Energia na Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1988.

VITTI, C. G. Workshop mercado de fertilizantes e o futuro do agronegócio. **Fertilizantes: alimentos, fibras e energia** [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <aamjunior@fca.unesp.br>; <ra_mendes@uol.com.br>; <prof.antoniomendes@yahoo.com.br>; <carol@yahoo.com.br> em 14 out. 2010.

WENDLING, I. et al **Substratos, adubação e irrigação na produção de mudas**. Curitiba: Aprenda Fácil, 2002. 141 p.

YAMADA, T. et al. **Nitrogênio e enxofre na agricultura brasileira.** In: SIMPÓSIO SOBRE NITROGÊNIO E ENXOFRE NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 1., 2006, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: ESALQ/USP, 2006. p. 722.

APÊNDICE

Apêndice 1 – Questionário, aplicado na empresa “XWY”.

1) Como está mapeado o processo de produção, para a obtenção da uréia ?

2) Esse processo é feito todo em apenas uma planta fabril ?

3) Como é adquirida a matéria-prima para a fabricação da uréia ?

4) Quais são as máquinas utilizadas no processo produtivo?

5) Qual é a quantidade de matéria-prima para fabricar um quilo de uréia?

6) Quais são os insumos não produtivos utilizados na produção de uréia?

Fonte: Autor.