

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
UNIVERSIDADE ABERTA DO BRASIL
CENTRO DE TECNOLOGIA
ESPECIALIZAÇÃO EFICIÊNCIA ENERGÉTICA APLICADA AOS
PROCESSOS PRODUTIVOS**

Cassiano Ricardo Kern Copetti

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA AGROPECUÁRIA

Novo Hamburgo, RS
2017

Cassiano Ricardo Kern Copetti

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA AGROPECUÁRIA

Monografia apresentada ao Curso de Especialização Eficiência Energética Aplicada a Processos Produtivos (EaD), da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM,RS) como requisito parcial para a obtenção do título de **Especialista em Eficiência Energética Aplicada aos Processos Produtivos.**

Orientador: Professor Dr. Ronaldo Hoffmann, UFSM.

Novo Hamburgo, RS
2017

Cassiano Ricardo Kern Copetti

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA AGROPECUÁRIA

Monografia apresentada ao Curso de Especialização Eficiência Energética Aplicada a Processos Produtivos (EaD), da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM,RS) como requisito parcial para a obtenção do título de **Especialista em Eficiência Energética Aplicada aos Processos Produtivos.**

Aprovado em 21 de julho de 2017

Dr. César Augusto Beltrame- coorientador

Dr. Claudio Roberto Losekann

Dr. Geomar Machado Martins

Novo Hamburgo, RS
2017

RESUMO

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA AGROPECUÁRIA

AUTOR: Cassiano Ricardo Kern Copetti
ORIENTADOR: Ronaldo Hoffmann

Este trabalho trata sobre o Plano Agricultura de Baixa Emissão de Carbono- Plano ABC do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento- MAPA. O Plano ABC é um plano setorial do governo brasileiro que compõem os compromissos assumidos pelo Brasil para mitigação e adaptação às mudanças climáticas na 15ª Conferência das Partes- COP15, ocorrida em Copenhague, 2009. O Plano é analisado sobre o prisma da eficiência energética aplicada aos processos produtivos de forma a esclarecer como o plano promove a redução das emissões de gases de efeito estufa na agricultura e o que representa em termos de eficiência energética e sustentabilidade ambiental.

Palavras-chave: Plano ABC. Eficiência Energética. Gases de Efeito Estufa.

ABSTRACT

ENERGY EFFICIENCY IN AGRICULTURE

AUTHOR: Cassiano Ricardo Kern Copetti

ADVISOR: Ronaldo Hoffmann

This work is about the Low Carbon Emission Plan - ABC Plan of the Ministry of Agriculture Livestock and Food Supply - MAPA. The ABC Plan is a sectoral plan of the Brazilian government that compose Brazil's commitments for mitigation and adaptation to climate change at the 15th COP-15 Conference of the Parties, held in Copenhagen, 2009. The Plan is analyzed on the prism of applied energy efficiency To productive processes in order to clarify how it promotes the reduction of greenhouse gas emissions in agriculture and what it represents in terms of energy efficiency and environmental sustainability.

Keywords: Plan ABC. Energy efficiency. Greenhouse gases.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01-	Ciclo Global do Nitrogênio.....	20
Figura 02-	Fluxograma da produção de fertilizantes.....	21
Figura 03-	Etapas da produção da amônia a partir do gás natural...	23
Figura 04-	Processo primário com adição de insumos.....	24
Figura 05-	Adições e perdas de N mineral do solo.....	25
Figura 06-	Processo de nodulação de rizóbios em raízes de leguminosas.....	27
Figura 07-	Estimativa de economia de e-CO2 pela substituição de nitrogenados.....	29
Figura 08-	Fluxo de matéria e energia no ecossistema pastoril.....	30
Figura 09-	Gaiola de exclusão.....	32

LISTA DE TABELAS

Tabela 01-	Consumo aparente de fertilizantes e matérias primas em 2016.....	22
Tabela 02-	Matérias primas alternativas para produção de amônia.....	23
Tabela 03-	Nitrogênio fixado por várias associações rizóbios/leguminosas.....	28
Tabela 04-	Efeito da intensidade do pastejo.....	34
Tabela 05-	Custo energético de 04 sistemas de preparo e semeadura de milho.....	37
Tabela 06-	Produtividade da soja nos diferentes preparos de solo.....	38
Tabela 07-	Entrada de energia no SPD com milho não transgênico.....	39
Tabela 08-	Entrada de energia no sistema convencional.....	39
Tabela 09-	Balanço energético dos sistemas de produção.....	40
Tabela 10-	Eficiência energética dos sistemas de produção.....	40
Tabela 11-	Recomendações de adubação nitrogenada párea o milho.....	43
Tabela 12-	Radiação fotossintética e produção e matéria seca.....	49

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	8
1.1	JUSTIFICATIVA.....	9
1.2	PROBLEMA DE PESQUISA.....	10
1.3.	OBJETIVOS.....	10
1.3.1	Objetivo Geral.....	10
1.3.2	Objetivos Específicos.....	10
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	11
2.1	ENERGIA E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA.....	11
2.2	AS LEIS DA ENERGIA.....	11
2.3	FLUXO ENERGÉTICO EM ECOSSISTEMAS E AGROECOSSITEMAS.....	12
2.4	EFICIÊNCIA ENERGÉTICA.....	13
2.5	ANÁLISE ENERGÉTICA.....	13
2.6	PLANO AGRICULTURA DE BAIXA EMISSÃO DE CARBONO.....	14
2.6.1	Base Legal.....	14
2.6.2	Plano Agricultura de Baixa Emissão de Carbono- Plano ABC/RS.....	15
3	METODOLOGIA.....	17
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	19
4.1	FIXAÇÃO BIOLÓGICA DE NITROGÊNIO.....	19
4.2	RECUPERAÇÃO DE PASTAGENS DEGRADADAS.....	30
4.2.1	Utilização da carga animal adequada.....	31
4.2.2	Divisão e Diferimento de pastagens.....	33
4.3	SISTEMA PLANTIO DIRETO.....	34
4.4	INTEGRAÇÃO LAVOURA- PECUÁRIA- FLORESTA E AGROFLORESTAS.....	45
5	CONCLUSÃO.....	50

1 INTRODUÇÃO

A agricultura moderna é extremamente tecnológica. Usam-se máquinas, produtos químicos, fertilizantes, equipamentos, instrumentos, plantas geneticamente modificadas, etc. Tudo buscando o incremento da produtividade.

Por outro lado os recursos naturais não são tão valorados ou valorizados quanto o aparato tecnológico. Por serem componentes da natureza o homem não consegue facilmente distingui-los como fatores de produção e por isso a água, a terra, a radiação solar, o vento, a atmosfera, a biodiversidade passam despercebidos diante de seus olhos, encantados pela tecnologia.

Os recursos naturais, renováveis e não renováveis, são a base sobre qual a agricultura se assenta. A tecnologia é mera ferramenta que deve cumprir seu papel fundamental, qual seja trabalhar e transformar os recursos naturais em riqueza utilizando-os da forma mais racional possível, sem degradá-los. E esta tecnologia demanda de energia para seu desempenho.

Diante desta perspectiva podemos nos perguntar: Por que a agricultura moderna perdeu o rumo da sustentabilidade e da adequação ambiental?

A agricultura precisou se modernizar, pois o crescimento demográfico da população mundial e em particular da população brasileira tiveram um incremento enorme a partir da década de 1960. No período de 1991 a 2005 podemos dizer que tivemos uma elevação da taxa de crescimento demográfico no Brasil incrementando a população em 38 milhões de habitantes.

No entanto, esta modernização da agricultura, que iniciou com a Revolução Verde em meados de 1960 teve como parâmetros a agricultura dos países nórdicos com climas e solos distintos dos nossos. Foi introduzido o uso intensivo da tecnologia na produção primária como sementes modificadas, fertilizantes e agrotóxicos, mecanização. Desde então a agricultura vem evoluindo e elevando a produtividade. No entanto, para sustentar este modelo a demanda de energia é crescente assim como a degradação ambiental.

A emissão de gases de efeito estufa como CO₂, NO₂, CH₄ tem causado mudanças climáticas com desequilíbrios na natureza que estão afetando a agricultura de diversas formas. E, ironicamente, a agricultura é uma atividade de alto risco em função do clima.

Enquanto os países desenvolvidos têm como maior fonte de emissão de gases de efeito estufa a queima de combustíveis fósseis, os países em desenvolvimento têm como maior fonte de emissão de gases de efeito estufa as mudanças de uso da terra.

No entanto, é possível manejar esta realidade. A Agricultura não precisa ser uma fonte de emissões de gases de efeito estufa. Pelo contrário, deve se tornar um dreno destes gases através de sua atividade primordial de produção de biomassa e conservação de matéria orgânica.

O que a agricultura moderna precisa não é somente de tecnologia. Atualmente precisamos muito mais do aprimoramento da técnica do que do desenvolvimento da tecnologia. Tecnologia aqui entendida como os equipamentos, o maquinário, os diferentes materiais para diferentes atividades, insumos como fertilizantes e defensivos químicos, sementes modificadas, etc. Técnica, por sua vez, no sentido de com usar o aparato tecnológico da melhor forma possível.

Temos que aprender como usar as ferramentas que vem sendo desenvolvidas em benefício da produção, sem degradar o meio ambiente e conservando a energia. Neste sentido a técnica é necessária para servir de condutora dos processos para o melhor aproveitamento das energias disponíveis, tanto para as energias naturais como as formas antrópicas.

1.1 JUSTIFICATIVA

Justifica-se a realização deste estudo para entendimento das maneiras como o Plano Agricultura de Baixa Emissão de Carbono - Plano ABC contribui na adequação ambiental, na conservação dos recursos naturais, na mitigação da emissão dos gases de efeito estufa e promoção da sustentabilidade na atividade agropecuária.

Os modelos convencionais de sistemas produtivos agropecuários são altamente dependentes de insumos de várias categorias. Alguns destes insumos oriundos de fontes energéticas e matéria prima fóssil como os fertilizantes nitrogenados. Outras categorias de insumos são grandes consumidores de energéticos fósseis na forma de combustíveis como as máquinas e equipamentos. Devendo-se considerar inclusive a energia e matéria primas demandadas para obtenção destes artefatos.

Além dos insumos artificiais, a agricultura de modo geral é consumidora ou utilizadora também de outra espécie de insumos que são os recursos naturais como solo, água, radiação solar. Neste quesito os sistemas convencionais de produção são altamente ineficientes, pois promovem a perda de solo e água e conseqüentemente de fertilizantes deixando de aproveitar a radiação incidente para a produção de biomassa das culturas. Desta forma a agricultura se torna responsável por grandes impactos ambientais contribuindo para a degradação dos recursos naturais e mudanças climáticas globais.

A questão da mitigação de mudanças climáticas é de fundamental importância para a agropecuária uma vez que grande parte dos riscos e incertezas do agronegócio estão relacionados aos fatores climáticos.

1.2 PROBLEMA DE PESQUISA

Na busca do entendimento o trabalho norteou-se pelas seguintes questões: O Plano ABC é eficiente energeticamente e como promove a mitigação das emissões de gases de efeito estufa?

1.3 OBJETIVOS

Os objetivos deste trabalho estão expressos numa perspectiva ampla através de um objetivo geral detalhado nos objetivos específicos.

1.3.1 Objetivo Geral

O objetivo deste trabalho é desenvolver um estudo esclarecedor da forma como o Plano ABC pode contribuir para mitigar as emissões de gases de efeito estufa e tornar a agricultura mais eficiente energeticamente.

1.3.2 Objetivos Específicos

Dentre os objetivos específicos que delimitam o escopo deste trabalho propõem-se:

- a) Entender a importância da Fixação Biológica de Nitrogênio na substituição da fertilização sintética nitrogenada;
- b) Determinar de que forma a utilização das pastagens pode promover o maior aproveitamento e conservação da energia solar;
- c) Esclarecer os benefícios de conservação da energia para o agroecossistema comparando o Sistema Plantio Direto com o cultivo convencional;
- d) Verificar de que forma Sistemas Integrados de Produção Agropecuária- SIPA podem incrementar a eficiência na utilização dos recursos naturais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Passa-se neste ponto a conceituar energia e eficiência energética para subsidiarmos o entendimento sobre o Plano ABC que é apresentado na sequência e cuja análise é realizada posteriormente.

2.1 ENERGIA E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Para entendermos claramente do que trata a eficiência energética primeiro devemos entender o que é energia.

De acordo com Hierrezuelo e Molina (1990 *apud* Bucussi 2007) energia deve ser abordada com uma definição descritiva, de forma que “a energia é uma propriedade ou atributo de todo corpo ou sistema material em virtude da qual este pode transformar-se, modificando sua situação ou estado, assim como atuar sobre outros originando neles processos de transformação.”

Michinel y D’Alessandro (1994 *apud* Bucussi 2007, p. 22) afirmam que a “energia é uma magnitude física que se apresenta sob diversas formas, está envolvida em todos os processos de mudanças de estado, se transforma e se transmite, depende do sistema de referência e, fixado este, se conserva.”

2.2 AS LEIS DA ENERGIA

Conforme citado, a energia pode se apresentar de inúmeras formas que interagem dentro de um sistema. Trata-se de um fluxo que vai numa direção sendo governada fundamentalmente por duas leis.

De acordo com Teixeira Júnior ([19--]) a primeira Lei da Termodinâmica, também conhecida como Princípio da Conservação da Energia a energia não é criada ou destruída, mas transformada em outras formas de modo que a energia total permanece a mesma.

Conforme Solomon (1985 *apud* Bucussi 2007- tradução nossa) esta característica de interação da energia pode ser assim expressa:

Em todas as transformações energéticas que ocorrem em um sistema isolado, muda a forma pela qual se apresenta a energia, mas não muda a quantidade total de energia, quer dizer, a energia antes da transformação é a mesma que existe depois da transformação, só que estará localizada em diferentes partes.

De acordo com Sarandón, et al (2014) a segunda lei, chamada de princípio da Entropia estabelece que no fluxo da energia durante sua transformação parte é convertida em calor, significando perdas e aumentando a desordem do sistema.

2.3 FLUXO ENERGÉTICO EM ECOSSISTEMAS E AGROECOSSISTEMAS

Com base em Ricklefs (2010) as comunidades biológicas dos ecossistemas funcionam como sistemas transformadores de energia. A transformação mais fundamental é realizada pelas plantas convertendo a luz solar em energia química através da fotossíntese, absorvendo gás carbônico e liberando oxigênio.

Considerando que as plantas transformam energia luminosa em energia química e neste processo incorporam o carbono em moléculas orgânicas pode-se seguir o movimento da energia através dos ecossistemas pelo movimento das formas biológicas do carbono, conforme Ricklefs (2010).

A ecologia de ecossistemas trata da ciclagem da matéria e da energia associada dentro dos ecossistemas. Alguns elementos são bastante reciclados através dos ecossistemas, por exemplo, oxigênio, hidrogênio, carbono, nitrogênio, fósforo, e enxofre. Devido às características e a própria conceituação de energia pode-se vislumbrar a dificuldade de medir diretamente seu fluxo no ecossistema. Por isso os ecólogos se valem de índice promovidos pela movimentação de elementos químicos entre componentes dos ecossistemas, conforme Ricklefs (2010).

Ricklefs (2010) diz que a eficiência ecológica é entendida como o percentual de energia transferida de um nível trófico para outro. A taxa de transferência entre eles é também chamada de tempo de residência da energia. O tempo de residência da energia (armazenada no carbono orgânico) corresponde à capacidade de acumulação de energia em cada nível trófico e no ecossistema como um todo.

Ainda segundo Ricklefs (2010), os ecossistemas acumulam energia na forma de carbono orgânico nos sedimentos ou na biomassa denominando-se a produção líquida do ecossistema. É de conhecimento dos ecólogos que um ecossistema de produção líquida negativa não subsiste por muito tempo ao passo que os ecossistemas de produção líquida positiva são sorvedouros de carbono.

Segundo Gliessman (2001 *apud* Sarandón, et al 2014) os aportes de energia na agricultura podem dar-se de duas formas principais: aportes Ecológicos (energia solar) e aportes Culturais (biológicos e industriais).

Dentro dos aportes Culturais-biológicos temos todas as fontes biológicas como trabalho humano ou animal bem como atividades e subprodutos biológicos. Entre os aportes Culturais- industriais temos principalmente aqueles derivados de combustíveis fósseis, salientado por Gliessman (2001 *apud* Sarandón, et al. 2014).

Dessa forma deduz-se que um sistema produtivo caracterizado pelo grande consumo de uma fonte energética não renovável, degradadora de carbono orgânico e emissora de gases de efeito estufa não pode ser considerada sustentável.

2.4 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Ocorrendo na forma de fluxo a energia está sujeita a transformações e perdas. Assim podemos entender do que trata a eficiência energética. Ou seja, num processo energético onde a energia transcorre num fluxo e existindo perdas, quanto menores forem as mesmas, mais eficiente é o processo.

A eficiência energética ocorre naquele sistema em que a mesma quantidade de energia é capaz de realizar mais trabalho ou resultados que em outro sistema similar, mas que produz menos resultados.

Observa-se ainda que a geração de resíduos é um apontamento da ineficiência da energia. Por isso podemos considerar que a emissão de poluentes é um indício da baixa eficiência de um sistema.

De acordo com Secretaria (2016) eficiência energética trata do desempenho de conversão de um sistema energético. De outra forma: “O quanto de energia gerada esta sendo realmente consumida, considerando as perdas que ocorrem ao longo do processo. Quanto maiores forem as perdas, menor será a eficiência”

O aumento da eficiência ocorre por meio de ações que modificam e melhoram as tecnologias de equipamentos e dispositivos que convertem energia devendo reduzir impactos ambientais, principalmente as taxas de emissões de dióxido de carbono, conforme Secretaria (2016).

2.5 ANÁLISE ENERGÉTICA

A análise de um sistema agrícola pode se basear exclusivamente aos aspectos econômicos-financeiros, mas isto não possibilitará a contabilidade ambiental. A análise energética contribui para a contabilização de alguns aspectos ambientais relacionados a energia utilizada pelo sistema no processo produtivo.

Como determinado anteriormente, os agroecossistemas se diferenciam dos ecossistemas naturais pelo aporte de energia além da solar, na forma de insumos, implementos e combustíveis. Para a análise energética de um agroecossistema deve-se determinar a energia incorporada em cada um dos fatores componentes do mesmo.

De acordo com Mello (1989) foi proposto um procedimento para análise energética de agroecossistemas através de quadros de entrada e saídas, componentes e interações utilizando diagramas qualitativos para representação dos agroecossistemas. A sequência do procedimento é descrita a seguir:

- Identificação do sistema;
- Caracterização inicial: entradas, saídas, limites do sistema, componentes, interações;
- Elaboração de diagrama qualitativo;
- Validação do modelo qualitativo;
- Elaboração do quadro de entradas e saídas;
- Elaboração do diagrama quantitativo;
- Conversão de dados para unidades energéticas (cal);
- Elaboração de um diagrama de fluxos energéticos;
- Cálculos de índices energéticos;
- Conclusões.

2.6 PLANO AGRICULTURA DE BAIXA EMISSÃO DE CARBONO- PLANO ABC

2.6.1 Base Legal

A Lei Federal 12.187 de 29 de dezembro de 2009 instituiu a Política Nacional sobre Mudanças Climáticas- PNMC. Os objetivos desta lei foram expressos no artigo 4º e dentre outros previu a redução das emissões antrópicas de gases de efeito estufa em relação às suas diferentes fontes bem como o fortalecimento das remoções antrópicas por sumidouros de gases de efeito estufa. Para alcançar seus objetivos a PNMC orienta a adoção voluntária de ações de mitigação das emissões de gases de efeito estufa. Neste sentido o Estado do Rio Grande do Sul Instituiu a Lei 13.594 de 30 de dezembro de 2010- Política Gaúcha sobre Mudanças Climáticas- PGMC.

A PGMC tem como objetivo geral estabelecer condições para adaptação aos impactos das mudanças climáticas bem como contribuir para reduzir as concentrações de gases de efeito estufa promovendo o desenvolvimento sustentável. Em relação à

mitigação se refere às mudanças e substituições tecnológicas que reduzam o uso de recursos bem como de emissões por unidade de produção. Entre os objetivos específicos desta política está o fomento a projetos de redução de emissões através do sequestro e sumidouro de gases de efeito estufa.

Para implementar a PGMC o Estado do Rio Grande do Sul instituiu através do Decreto 50.590 de 26 de agosto de 2013 o Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de Uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura do Rio Grande do Sul- Plano ABC/RS.

Este plano tem como objetivo estratégico promover a redução de emissões de gases de efeito estufa-GEE através da melhoria da eficiência do uso dos recursos naturais.

Entre os objetivos específicos do Plano ABC Estadual temos o incentivo ao tratamento de dejetos de animais para geração de biogás e composto orgânico e a adoção de sistemas de produção sustentáveis que assegurem a redução das emissões de GEE e que aumentem a fixação atmosférica do gás carbônico-CO₂ nas plantas e no solo, sobretudo com os seguintes métodos:

- Recuperação de pastagens degradadas;
- Integração lavoura pecuária floresta (iLPF) e Sistemas Agroflorestais (SAFs);
- Sistema Plantio Direto SPD;
- Fixação Biológica de Nitrogênio;
- Florestas plantadas;

2.6.2 Plano Agricultura de Baixa Emissão de Carbono- Plano ABC/RS

O Plano ABC/RS doravante referido como Plano ABC, com a indicação de práticas e tecnologias de baixa emissão de carbono, propõem a redução dos custos de produção, incentiva a diversificação de atividades reduzindo riscos intrínsecos da atividade agropecuária. Além disto, promove a eficiência energética do sistema produtivo como se pretende demonstrar com este trabalho.

Os problemas apontados para justificar a adoção do Plano ABC/RS é fundamentalmente a assertiva de que a agropecuária contribui para a emissão de gases de efeito estufa através das seguintes causas:

- uso e manejo inadequado de fertilizantes;
- manejo inadequado de pastagens;
- manejo inadequado dos dejetos animais;

- manejo inadequado dos solos;
- uso de queimadas em renovação de pastagens;
- manejo inadequado dos sistemas de cultivo;

Dentro de cada um dos métodos preconizados pelo Plano ABC/RS temos várias atividades a serem implementadas. Para cada um dos métodos foram publicados boletins técnicos específicos sobre os quais passa-se a discorrer.

3 METODOLOGIA

Para desenvolver este estudo foi realizada uma pesquisa bibliográfica de cunho qualitativo. Segundo Reis (2010 *apud* Martins 2012) o método de análise qualitativa tem como objetivo interpretar e dar significado aos fenômenos analisados não havendo necessidade de utilizar técnicas estatísticas para o processo de análise de um problema.

Com base nesta consideração em Revisão Bibliográfica realizou-se algumas conceituações sobre energia e eficiência energética, sobre as leis da energia, sobre o fluxo de energia em ecossistemas e agroecossistemas para garantir o embasamento necessário para o entendimento da análise proposta. Também procurou-se apresentar o Plano Agricultura de Baixa Emissão de Carbono- Plano ABC. Para analisar e entender devidamente o assunto em Resultados e Discussão buscou-se o trabalho de diversos autores de estudos científicos específicos correlacionados às práticas preconizadas pelo Plano ABC de forma que permitisse a verificação do potencial de eficiência energética e capacidade de mitigação das emissões de gases de efeito estufa.

Para este estudo foram utilizados como fontes referenciais os Boletins Técnicos integrantes do Plano ABC Estadual organizado pelo Comitê Gestor Estadual da Agricultura de Baixa Emissão de Carbono em 2015. Complementarmente, analisando a abordagem realizada pelos referidos boletins foram sendo apresentados as conclusões de outros autores conforme o desenvolvimento de cada assunto tratado, de acordo com o quadro abaixo.

Quadro demonstrativo da pesquisa relacionada		
Objetivos específicos	Plano ABC	Referências bibliográficas
Entender a importância da Fixação Biológica de Nitrogênio na substituição da fertilização sintética nitrogenada;	Lisboa 2016	Silva 2009, Martins 2003, Mendes Junior 2015, Lima 2007, IPNI 2017, Franco 200-, Yamada 2000, Mota 2015, Costa et al. 2009, Hungria et al 2013, Fagan et al 2007, Cardoso 1992, Xavier et al 200-.
Determinar de que forma a utilização das pastagens pode promover o maior aproveitamento e conservação da energia solar;	Perez 2016	Carvalho et al 1998, Nabinger 2005.
Esclarecer os benefícios de conservação da energia para o agroecossistema comparando o Sistema Plantio Direto com o cultivo convencional;	Denardin 2016	Silva 2011, Fernandes 2007, Tavares 2012, Riquetti 2011, Escobar 2008, Almeida et al 2015, Amado et al.
Verificar de que forma Sistemas Integrados de Produção Agropecuária- SIPA podem incrementar a eficiência na utilização dos recursos naturais.	Silva 2016	Balbino et al 2011, Gasparini et al 2017, Balbino et al 20--.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisa-se a seguir o Plano ABC em seus vários componentes correlacionando com os resultados obtidos por diferentes pesquisadores que trataram dos assuntos de forma específica. Com isso procura-se determinar de que maneiras o Plano ABC demonstra sua eficiência energética e capacidade de mitigação de emissões de gases de efeito estufa.

4.1 FIXAÇÃO BIOLÓGICA DE NITROGÊNIO

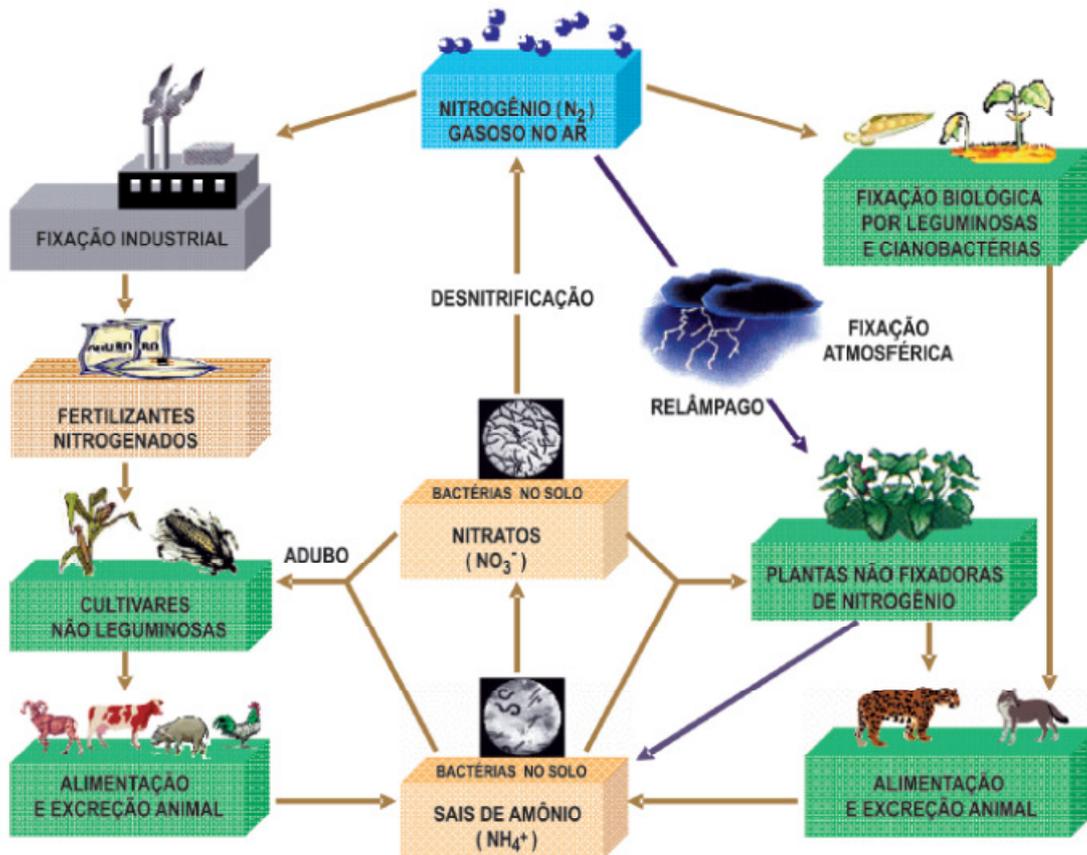
O nitrogênio é um elemento importantíssimo para todos os seres vivos, responsável pela composição de aminoácidos, proteínas e enzimas metabólicas, crescimento e desenvolvimento dos mesmos.

De acordo com Lisboa 2016 a fabricação dos fertilizantes nitrogenados demanda a participação de fontes não renováveis como petróleo e gás natural no processo da obtenção de amônia requerendo temperaturas entre 300°C e 600°C e pressões de 200 atm a 800 atm com emissão de CO₂ resultante do processo. Não bastasse todo este gigantesco dispêndio de energia o nitrogênio é extremamente vulnerável a perdas quando aplicado diretamente como fertilizante ao solo.

De acordo com Silva (2009) o nitrogênio participa na composição da atmosfera com aproximadamente 78% de seu volume. Embora não tenha nenhuma importância energética direta em relação à radiação solar é um elemento do qual a produção de alimentos é altamente dependente sendo o mais restritivo em sua falta para a produção agrícola quando comparado a outros fertilizantes.

O ciclo do nitrogênio, conforme Martins (2003) é um dos mais complexos entre os ciclos biogeoquímicos. Existe um intercâmbio de nitrogênio entre a atmosfera, a matéria orgânica e compostos inorgânicos. Enquanto a molécula de N₂ é estável, os constituintes minoritários como óxido nitroso (N₂O), óxidos nítricos (NO), dióxido de dinitrogênio (NO₂), ácido nítrico (HNO₃) e amônia (NH₃) são reativos quimicamente e intercambiáveis. Na figura abaixo está representado simplificadaamente tal ciclo.

Figura 1: Ciclo global do nitrogênio



Fonte: Martins (2003).

Conforme Bendassoli et al (2002 *apud* Mendes Junior 2015) uma das formas de obtenção de fertilizantes nitrogenados se dá por meio da reação entre nitrogênio do ar mais o hidrogênio proveniente da nafta utilizando alta temperatura (proveniente da queima de combustíveis fósseis).

De acordo com Malavolta (1981 *apud* Mendes Junior 2015) a nafta é um subproduto do petróleo, obtida através do refino para ser usada na fabricação de gasolina e de fertilizantes nitrogenados.

Segundo Dias e Fernandes (2006 *apud* Lima 2007) o gás natural é a matéria prima mais usada e também a melhor fonte de hidrogênio para a produção de nitrogenados.

Conforme Bendassoli (2002 *apud* Mendes Junior 2015) a amônia anidra é um gás obtido pela reação do gás de síntese sendo composto da proporção 1:3 de nitrogênio do ar e hidrogênio da indústria petroquímica, respectivamente.

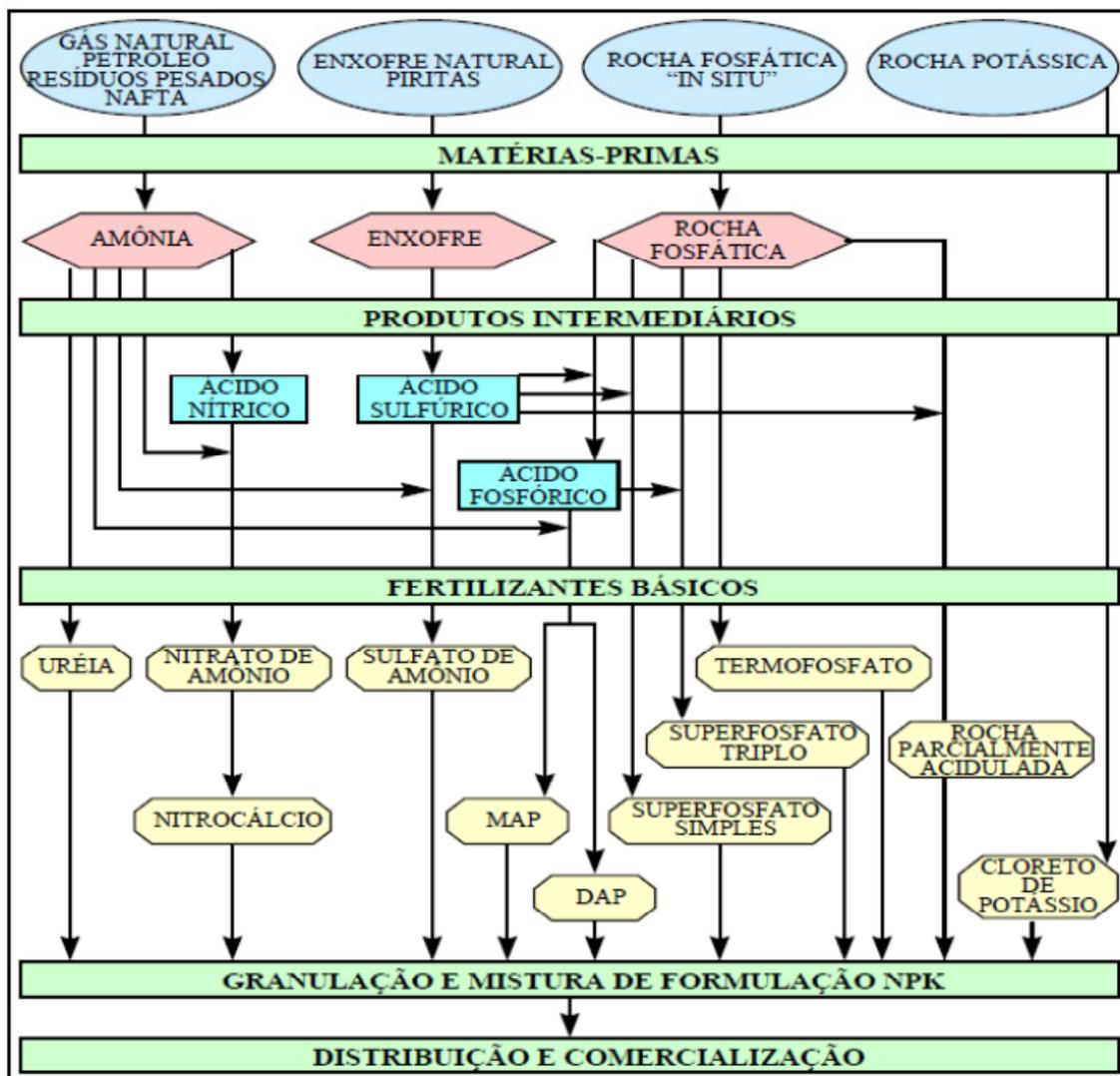
Conforme Franco e Saraiva Neto (2008 *apud* Mendes Junior 2015) a indústria de fertilizantes é dividida em três atividades distintas: produção de matéria prima básica (no caso do nitrogênio- produção de amônia) e matérias intermediárias (ácidos nítricos e

sulfúricos) e de fertilizantes básicos (Ureia principalmente, no caso dos nitrogenados) e misturas (elaboração de formulações NPK).

De acordo com Lima (2007) a formulação básica dos fertilizantes utilizados na agricultura é reconhecida pela formulação NPK compondo-se de nitrogênio em sua forma elementar (N), fósforo em sua forma peróxido de fósforo (P_2O_5) e potássio na forma de óxido de potássio (K_2O) de acordo com a demanda da cultura e condições de fertilidade do solo.

Para a fabricação das formulações necessárias para a produção de alimentos são extraídas as matérias-primas correspondentes aos nutrientes sendo a indústria petrolífera responsável pela produção dos nitrogenados e as atividades de extração mineral responsável pela produção dos componentes fosfatados e potássicos.

Figura 2: Fluxograma da produção de fertilizantes



Fonte: BNDES *apud* Lima (2007).

De acordo com Mendes Junior (2015) o dispêndio energético de agroecossistemas relacionados ao consumo de energia de origem fóssil pode estar sendo subestimado em vista da inadequada distribuição deste consumo principalmente relacionado à fabricação de fertilizantes nitrogenados. Neste estudo foi utilizado o processo de produção da ureia por ser o fertilizante nitrogenado mais utilizado no Brasil.

De acordo com International (2017) a produção nacional de ureia em 2016 foi de 1.014.561 toneladas métricas ou 18% do mercado. A importação foi de 4.597.170 toneladas métricas conforme tabela abaixo. Com esta informação podemos verificar a enorme dependência que temos de importações de fertilizantes nitrogenados.

Tabela 01: Consumo aparente de fertilizantes e matérias-primas em 2016

Fertilizantes (ton)					
fertilizantes	produção nacional	importação	produção nacional+ importação	exportação	Consumo aparente
Sulfato de amônio	202.460	1.852.374	2.054.834	2.681	2.052.153
Ureia	1.014.561	4.597.170	5.611.731	13.584	5.598.147
Nitrato de amônio	296.375	1.125.812	1.422.187	61	1.422.126

Fonte: Adaptado de International (2017)

De acordo com Konshaug (1998 *apud* Franco [200-]) o consumo de energia para produção de fertilizantes no mundo correspondia a 1,2% do consumo mundial de energia e deste montante 92,5% deste consumo correspondia à energia necessária para a produção de fertilizantes nitrogenados.

Conforme Franco ([200-]) vários tipos de subprodutos da indústria petroquímica podem ser usados para produção de amônia (NH₃) que é a precursora da ureia, como por exemplo, gás natural, gás de refinaria, nafta, óleo pesado e o coque ou carvão conforme tabela abaixo.

Tabela 02- Matérias-primas alternativas para a produção de amônia

Matéria-prima/Combustível	Consumo de energia (G joule t ⁻¹ de amônia)	Custo de capital (%)
Gás natural	29	100
Nafta	32	116
Óleo pesado/Coque	36	160
Carvão	41	200

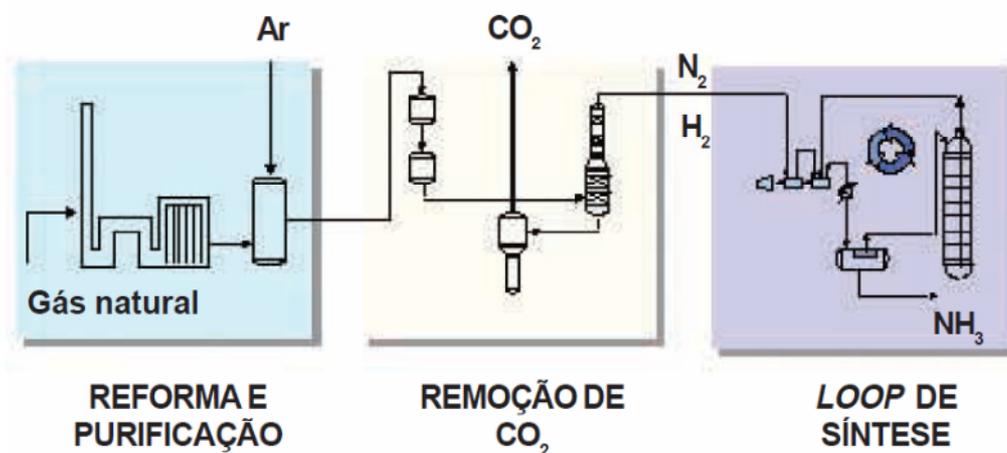
Fonte: Franco ([200-])

Conforme Franco ([200-]) entre os fertilizantes nitrogenados a ureia é o que contém os mais altos teores de nitrogênio (46%) favorecendo o transporte e a estocagem. Entre outros fatores como versatilidade no uso, o transporte a armazenagem facilitados promovem a preferência pelo seu consumo. É produzida comercialmente a partir de amônia e dióxido de carbono, exigindo altas temperaturas e pressões.

Ainda segundo o Franco ([200-]) a produção de amônia a partir do gás natural compreende as seguintes seções:

- Seção de reforma e purificação do gás com dessulfurização, reforma primária, reforma secundária, reação de conversão de CO.
- Remoção de CO₂ com absorção e desabsorção de CO₂ com posterior metanação.
- Síntese de amônia com *loop* de síntese e área de refrigeração.

Figura 3: Etapas da produção da amônia a partir do gás natural



Fonte: Franco ([200-])

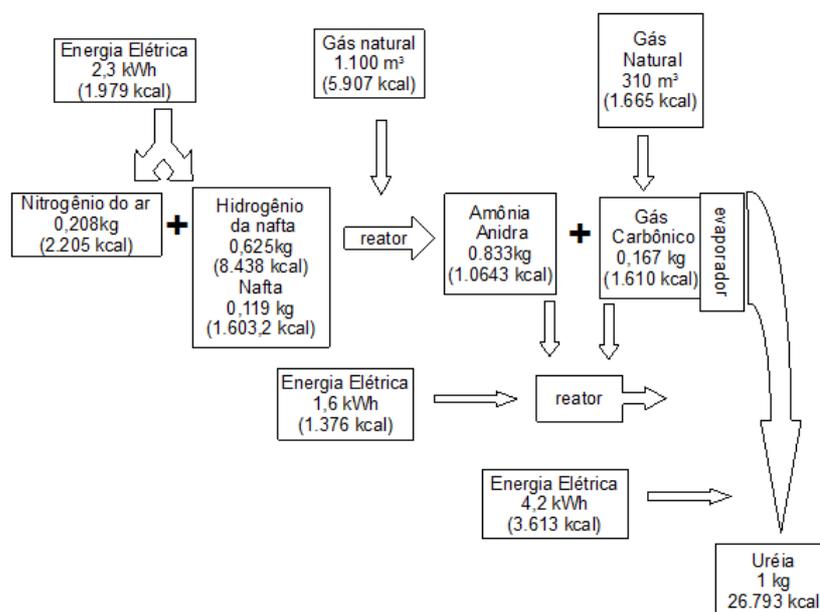
Estas etapas da produção de amônia a partir do gás natural requerem elevações de temperaturas e manutenção de pressões que consomem grandes quantidades de energia fóssil além de liberar também CO₂ como subproduto do processo industrial.

Após a obtenção da amônia a mesma será utilizada no processo de obtenção da ureia que de acordo com Franco ([200-]) compreende as seguintes etapas (sendo que a eficiência da planta esta relacionada à eficiência da seção de síntese e é medida pelo consumo de vapor e energia elétrica):

- Síntese incluindo a condensação do carbamato, reação de síntese e *tripping*;
- Recuperação: diferentes níveis de pressão para decomposição e absorção;
- Concentração e tratamento de efluentes: filtração, duas seções de concentração e unidade de tratamento de efluentes;
- Granulação ou perolação: formação dos grãos, peneiramento e abatimento de finos.

De acordo com Mendes Junior (2015) em seu estudo sobre a produção da ureia por uma indústria anônima (considerada uma das maiores do Brasil) gerou o fluxograma a seguir. O processo inicia com a captação do nitrogênio do ar. O hidrogênio oriundo da nafta (fonte fóssil) produz, através do craqueamento, uma proporção de 1 g nafta:10g hidrogênio. No interior do reator de síntese é adicionado o hidrogênio que em reação com o nitrogênio sob temperaturas e pressão elevadas obtidas do gás natural (neste caso) resulta na obtenção da amônia (NH₃).

Figura 4: Processo primário com adição dos insumos não produtivos necessários para a fabricação da ureia.



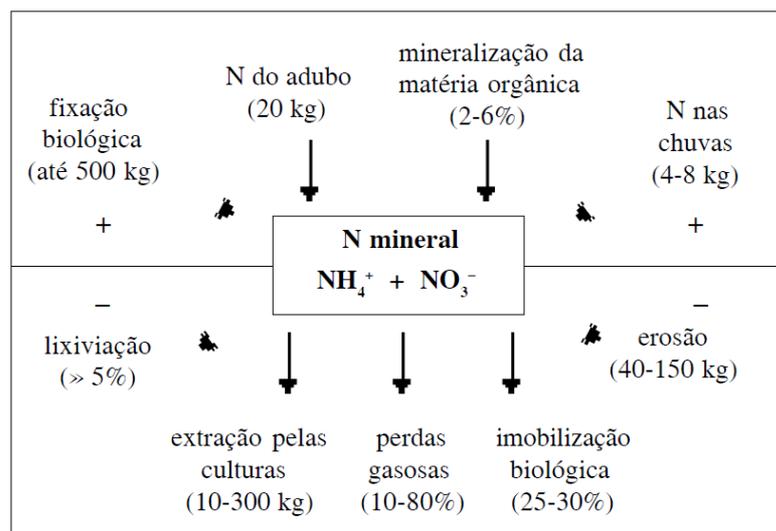
Fonte: adaptado de Mendes Junior (2015)

Ainda segundo Mendes Junior (2015), pelo fluxograma, o somatório energético da nafta mais utilização do gás natural alcançam um valor energético de 9.175,2 kcal. Outra entrada energética é da eletricidade com 6.968 kcal. Por fim o consumo total de energia para produzir 01 kg de ureia é de 26.793 kcal. Conclui sobre a dependência de fontes fósseis de energia para produção de fertilizantes nitrogenados, tanto na forma de matéria prima como combustíveis fósseis acarretando problemas ecológicos e sócio-econômicos ameaçando a sustentabilidade como um todo. Na proposta daquele trabalho a consideração final consiste em que na classificação da matriz energética de um agroecossistema deve-se realocar 34,2% do dispêndio energético em fertilizante nitrogenado para fontes fósseis tornando o balanço de energia do agroecossistema mais de acordo com a realidade.

Conforme visto podemos ter uma ideia da demanda energética e consequente emissões de CO₂ para a fabricação e obtenção de nitrogenados ou seja é necessário a extração, transporte, refino do petróleo para a partir da indústria petroquímica e seus derivados produzir então os fertilizantes nitrogenados. Tudo a custa de alto consumo de energia e matéria prima fóssil.

De acordo com Yamada (2000) o balanço do nitrogênio no sistema solo-planta-atmosfera compõe-se pela diferença entre ganhos e perdas conforme figura abaixo:

Figura 5: Adições e Perdas de N mineral do solo.



Fonte: Yamada (2000)

Ainda segundo Yamada (2000) o nitrogênio sob a forma orgânica (90% do total sobre a superfície do solo) está seguro da maioria das perdas ficando suscetível apenas a perdas por erosão. Para as formas já mineralizadas de nitrogênio as maiores parcelas de perdas são através da volatilização e desnitrificação, na forma de gases e por imobilização biológica principalmente no plantio direto (fica temporariamente indisponível pelo uso por parte da microbiota). Informam ainda que em condições de campo a recuperação da adubação nitrogenada dificilmente atinge 50%.

De acordo com Cantarella e Duarte (2004 *apud* Mota 2015), o manejo e recomendação de adubação nitrogenada é a mais complexa entre os fertilizantes devido a dependência de condições edafoclimáticas e da multiplicidade de reações químicas e biológicas. Ainda segundo Bayer e Fontoura (2010 *apud* Mota 2015) a aplicação de nitrogênio via fertilizantes minerais apresenta eficiência global em torno de 50% com o restante sendo perdido ou imobilizado temporariamente na biomassa microbiana do solo.

De acordo com Rogeri (2010 *apud* Mota 2015) a baixa eficiência de recuperação do N dos fertilizantes nitrogenados se deve principalmente a perdas por volatilização da amônia e lixiviação do nitrato.

De acordo com Costa et al. (2009) o carbono e o nitrogênio são dois elementos importantes pra fertilidade do solo e também responsáveis por três dos principais gases de efeito estufa que são o dióxido de carbono (CO_2), óxido nitroso (N_2O) e o metano (CH_4). O nitrogênio utilizado em sistemas agrícolas responde por grande parte da emissão antrópica de óxido nitroso pra atmosfera.

De acordo com Hungria et al.(2013) ainda não existe um consenso com relação às emissões de gases de efeito estufa- GEE pelo uso de fertilizantes nitrogenados. Citam que documento de 2006 do Intergovernmental Panel on Climate Change-IPCC indica que o uso de 1kg de fertilizante nitrogenado representaria uma emissão de 1,54 equivalentes de CO_2 . Outros autores citados neste trabalho apontam que para cada 1kg de fertilizante nitrogenado correspondem a 4,5 kg de equivalentes CO_2 - e- CO_2 . No entanto deve-se considerar ainda que além do carbono, 1% do fertilizante nitrogenado é emitido como N_2O então deve ser adicionado ao cálculo 1,5 kg de e- CO_2 . Portanto, para cada 1kg de fertilizante nitrogenado são emitidos 6kg de e- CO_2 . No entanto aquele trabalho considerou-se a proporção de 1kg fertilizante nitrogenado :4,5kg e- CO_2 .

Visando contornar estes problemas de alto consumo de energia e baixo aproveitamento da fertilização nitrogenada o Plano ABC procura estimular a utilização da técnica de Fixação Biológica de Nitrogênio- FBN. De acordo com Militão (2004) poucos seres vivos podem utilizar o nitrogênio atmosférico diretamente como fonte nutricional.

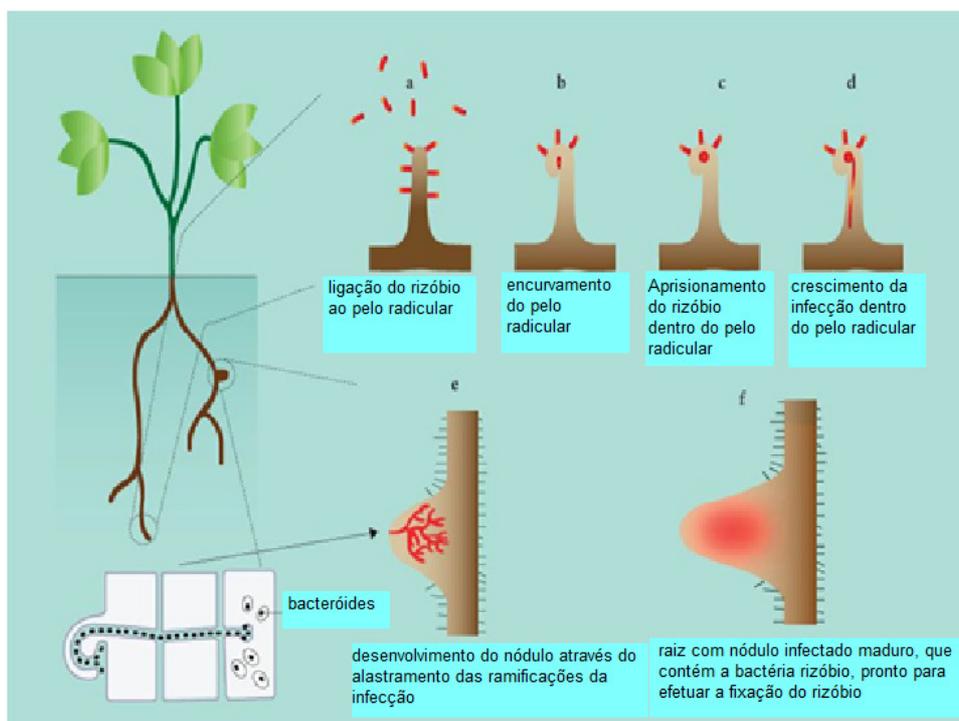
Conforme Fagan et al. (2007) a disponibilização de nitrogênio para as culturas ocorre de maneiras variadas de acordo com a taxonomia das plantas. Por exemplo as plantas podem absorver diretamente do solo os íons NH_4^+ e NO_3^- . Algumas, no entanto, tem a capacidade de estabelecer uma simbiose com microorganismos que tem a capacidade de fixar diretamente o N_2 da atmosfera.

O melhor exemplo que temos de perfeita simbiose na FBN é das bactérias dos gêneros *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Azorhizobium* entre e outras com plantas da família das leguminosas como a soja (*Glycine max*). De acordo com Döbereiner (1997 *apud* Fagan et al. 2007) a FBN na cultura da soja no Brasil fixou aproximadamente 150 milhões de toneladas de nitrogênio correspondendo a uma economia financeira de 3,2 bilhões de dólares.

De acordo com Hungria et al. (2013) existem controvérsias sobre a comprovação por parte do Brasil com relação a redução de emissões com a adoção da fixação biológica relacionados a expansão da área de plantio de soja uma vez a fertilização nitrogenada é mínima e em casos isolados. No entanto a FBN é promissora na cultura do feijão, por exemplo.

Ainda de acordo com Fagan et al. (2007) a FBN ocorre em decorrência de uma série de fatores que culminam com a fixação do nitrogênio atmosférico. A figura abaixo representa melhor este processo.

Figura 6: Processo de nodulação de rizóbios em raízes de leguminosas.



Fonte: adaptado Fernandes 2014

De acordo com Cardoso (1992) o processo de nodulação pode ser resumido nas seguintes fases:

- Quimotaxia do rizóbio em direção à superfície das raízes bem como crescimento das raízes em direção à colônias imobilizadas no solo;
- Proliferação do rizóbio na rizosfera;
- Aderência do rizóbio às raízes;
- Encurvamento do pelo radicular;
- Formação do cordão de infecção;
- Formação do nódulo.

Ainda segundo Cardoso (1992) a fixação do N₂ varia com a bactéria, a planta e as condições ambientais sendo que as leguminosas forrageiras em geral fixam mais nitrogênio que as produtoras de grãos.

Essa questão da fixação biológica de nitrogênio pela simbiose entre bactérias fixadoras e leguminosas forrageiras é muito importante visto que a integração entre sistemas produtivos preferencialmente devem contar com a presença de pastagens.

Tabela 03: Nitrogênio fixado por várias associações rizóbios/ leguminosas.

Leguminosa	Amplitude aproximada do N ₂ fixado (kg/ha/ano)
Alfafa- <i>Medicago sativa</i>	100 a 300
Trevo doce- <i>Melilotus sp.</i>	125
Trevo- <i>Trifolium sp.</i>	100 a 150
Caupi- <i>Vigna unguiculata</i>	85
Fava- <i>Vicia faba</i>	240 a 325
Lentilha- <i>Lens sp.</i>	100
Lupinus- <i>Lupinus sp.</i>	150 a 200
Amendoim- <i>Arachis hypogaea</i>	50
Soja- <i>Glycine max</i>	60 a 80
Feijão mung- <i>Vigna radiata</i>	55
Feijão velvet- <i>Mucuna pruriens</i>	155
Leguminosas forrageiras- <i>Desmodium sp.</i> , <i>Lespedez sp.</i>	100 a 140

Fonte: adaptado de Cardoso (1992)

De acordo com Lisboa (2016) os rizóbios são um dos grupos mais estudados pela ciência e devido a isto já foram desenvolvidas tecnologias apropriadas para seu uso. A partir destas pesquisas se desenvolveram inoculantes específicos por culturas o que

viabilizou seus cultivos. Por exemplo, a soja tem uma alta demanda nutricional de nitrogênio que tem sido totalmente suprida pela FBN. Além da soja outras leguminosas já têm estirpes específicas de isolados bacterianos. As gramíneas são menos exigentes em nitrogênio, no entanto também estão sendo desenvolvidas pesquisas para obtenção de isolados específicos.

Conforme Xavier et al. ([200-]) o inoculante é um produto que contém microorganismos com ação benéfica pois promovem nódulos fixadores de nitrogênio nas raízes das plantas. São produzidos por meio de protocolos estabelecidos pela rede de laboratórios para recomendação, padronização e difusão de tecnologia de inoculantes microbiológicos de interesse agrícola (RELARE).

De acordo com Hungria et al. (2013) não existem dados sobre a emissão de GEE relacionados aos inoculantes contendo rizóbios. No entanto, com base em demanda de insumos e gastos energéticos industriais estimou-se que 1 litro de inoculante corresponde a $8,76 \times 10^{-5}$ t de CO_2 .

Figura 07: Estimativa de economia de equivalente de CO_2 pela substituição de adubos nitrogenados pela inoculação na cultura do feijoeiro.

Área plantada 2011/2012 (milhões de ha) ¹	Adubação média no Brasil ² (kg N/ha)	Consumo total de N-fertilizante (1000t N)	Substituição possível pela inoculação (%)	Economia (1000t N)	e-CO ₂ do N-fertilizante ³ (1000t)	(eCO ₂ fertilizante) (eCO ₂ inoculante) ⁴ (1000t)
3,26	25	81,5	100	81,5	366,75	366,72

¹ CONAB (2012).

² FAO e ANDA.

³ Considerando, conforme explicado no texto, a relação de 1 kg N-fertilizante = 4,5 kg de e-CO₂.

⁴ Considerando a estimativa de $8,76 \times 10^{-3} \times 1000$ t e-CO₂ por dose de 100 mL de inoculante, o que daria 28.558,6 kg de e-CO₂ para 3,26 milhões de ha (estimativa pelo consultor Leonel N. C. Mello).

Fonte: Hungria et al. (2013)

Conclui-se pela análise dos dispêndios energéticos da produção de fertilizantes nitrogenados sintéticos em comparação com a utilização da FBN que há ganhos em eficiência energética com a adoção desta última tecnologia em vista de sua equivalência em termos de produtividade obtida. Além disto, devemos considerar também a questão das perdas inerentes ao processo de fertilização nitrogenada que é da ordem de 50%, principalmente quando realizada diretamente pela aplicação de fertilizantes sintetizados a partir de fontes fósseis. Estas perdas, além de reduzirem a eficiência energética da atividade são responsáveis pelas emissões de GEE. Por isto tudo é que fica comprovada

a eficácia da adoção da FBN como promotora da eficiência energética e mitigadora de emissões de gases poluentes.

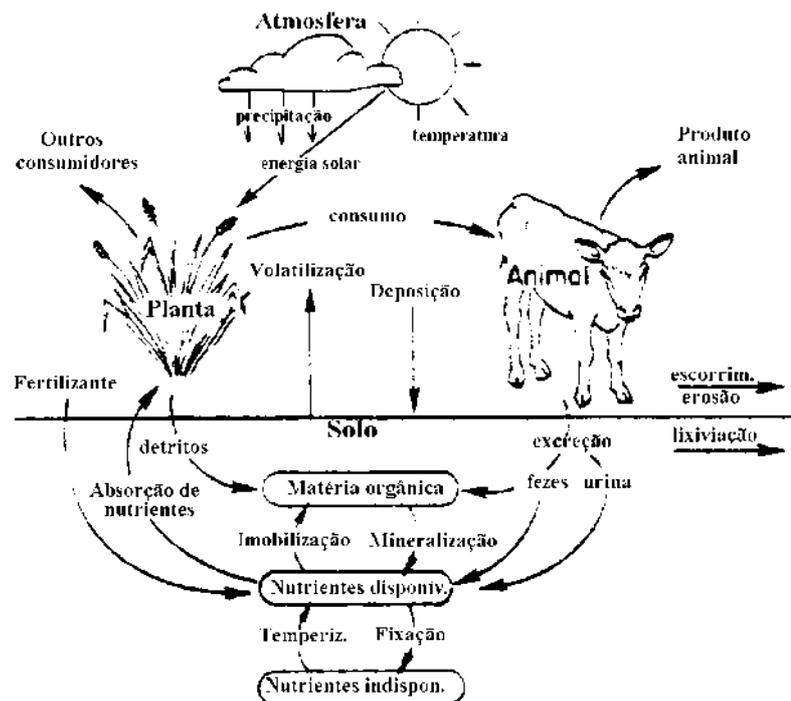
4.2 RECUPERAÇÃO DE PASTAGENS DEGRADADAS

As ações previstas no Plano ABC para a implementação de tecnologias sustentáveis para manejo de pastagens visam o incremento do estoque de carbono no solo pastoril através da promoção da captação do carbono atmosférico pelo dossel da pastagem através da fotossíntese. Este procedimento minimiza emissões de GEE e maximiza a atividade de produção animal.

De acordo com Perez (2016) as pastagens não conseguem expressar seu potencial produtivo devido ao manejo inadequado das mesmas e baixa adoção de práticas de melhoramento e intensificação do uso.

Determina Perez (2016) que entre os principais fatores que provocam a degradação das pastagens estão a falta de ajuste entre o crescimento do pasto e a taxa de lotação animal e a falta de adubação e/ou correção do solo ocorrendo a perda de vigor e de produtividade. A planta depende da área foliar para captação de energia solar para fotossíntese. Com o pastejo excessivo a vegetação deixa de aproveitar a radiação solar para produção de biomassa e restringe a produção pecuária.

Figura 08: Fluxo de matéria e energia no ecossistema pastoril.



Fonte: Nabinger (2005 adaptado de WILKINSON & LOWREY, 1973)

4.2.1 Utilização da Carga Animal Adequada

O excesso de lotação animal é a principal causa de degradação das pastagens. Muitas vezes esta lotação é fixa, ou seja, não respeita as diversas taxas de crescimento da vegetação conforme a estacionalidade da produção de biomassa.

Uma taxa de lotação animal que respeite o desenvolvimento da vegetação pastoril conforme a estação do ano promove o melhor aproveitamento da energia solar e consequentemente da absorção do carbono atmosférico. Parte deste carbono é aproveitada pelos animais mediante o pastejo para seu crescimento e desenvolvimento. Outra parte é armazenada no solo através da deposição da biomassa. A matéria orgânica que fica depositada no solo contribui para a estruturação e porosidade deste promovendo a melhoria da capacidade de infiltração de água e diminuindo as perdas de nutrientes e do solo provocadas pela erosão. Estas circunstâncias são benéficas ao sistema promovendo a ciclagem de nutrientes e o melhor aproveitamento dos aportes de energia.

Conforme Perez (2016) o consumo de forragem varia com a categoria animal (idade) e qualidade da forragem. O consumo máximo diário fica em torno de 4% do peso vivo. A desfolha promovida pelo pastejo não pode ser exagerada, pois a planta forrageira deve manter uma porção de folhas para ainda manter a capacidade fotossintetizante.

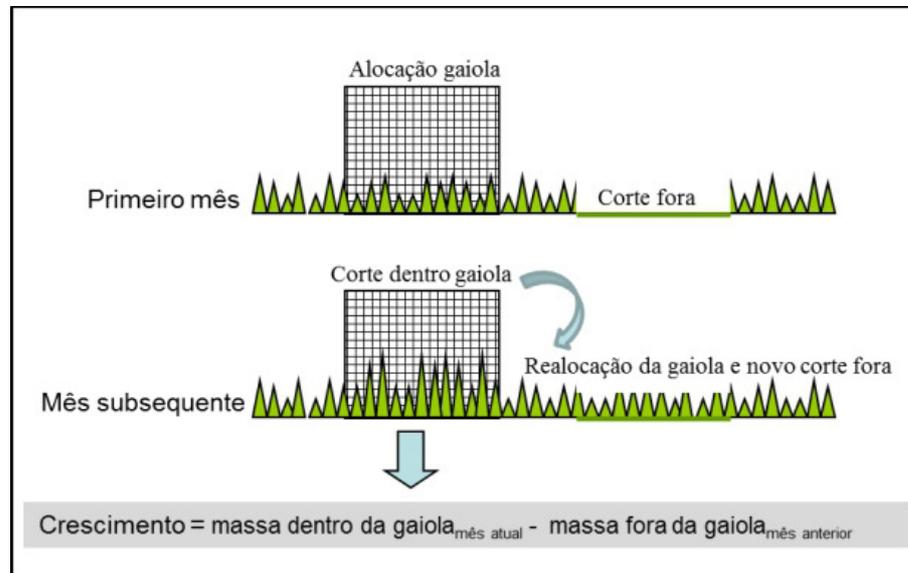
A oferta de pasto para os herbívoros deve ficar por volta de 3 vezes a capacidade de consumo dos animais ou 10 a 12% do peso vivo dos animais para garantir uma situação saudável tanto para o animal quanto para a pastagem. O método mais preciso para determinação da oferta ideal é o direto que utiliza o peso seco da forragem e o peso vivo dos animais.

Conforme Perez (2016) O procedimento consiste em amostrar a pastagem com um quadrado de dimensões 50cm X 50cm. A forragem deverá passar por secagem e representará a disponibilidade momentânea de matéria seca- MS. Pesar a MS (g) e multiplicar por 400 obtendo a disponibilidade momentânea MS (kg) por ha.

Como a pastagem não para de crescer durante a ocupação da área deve-se determinar o acúmulo de pasto no período (ex:30 dias). De acordo com Perez (2016) deve-se isolar uma área previamente com uma gaiola de exclusão para determinar o acúmulo de biomassa, conforme figura 02. Este pasto também deve ser cortado, secado, pesado e calculado o acúmulo, multiplicando pelo mesmo fator 400. Deve-se diminuir o valor obtido no período daquele valor da disponibilidade instantânea (inicial) obtendo-se o acúmulo no período (acúmulo líquido). Depois somamos a disponibilidade instantânea

mais a taxa de acúmulo líquido para obtermos a disponibilidade de MS para o período que se inicia.

Figura 09: Gaiola de exclusão



Fonte: Perez (2016)

Depois de obtida a MS que estará disponível no período devemos verificar a carga animal adequada para atingir a meta de oferta de 12% da relação MS/peso vivo animal. Multiplica-se a meta (0,12) pelo peso representativo de um animal daquela categoria obtendo a relação de MS/animal/dia. Multiplicamos pelos dias que correspondem ao período delimitado de tempo para saber quanto um animal precisa naquele período, conforme Perez (2016).

Obtida a MS disponível no período e a relação meta MS/animal daquela categoria podemos dividir um dado pelo outro e obter a informação de quantos animais daquela categoria podemos ter por área por um período de determinado sem degradar a pastagem e promovendo sua regeneração e biodiversidade.

Com este procedimento de adequação da carga animal promovemos a captura ideal de radiação solar para a fotossíntese que incorpora o carbono atmosférico incrementando a biomassa. Este material servirá como fonte nutricional (energia metabólica) para os animais e de carbono orgânico que fica armazenado no solo trazendo benefícios como estruturação e conservação do solo e da água, armazenamento de carbono (GEE) no solo e ciclagem adequada de nutrientes para as plantas aumentando a produtividade do sistema.

4.2.2 Divisão e Diferimento de Pastagens

De acordo com Perez (2016) Estes são outros dois procedimentos que promovem a eficiência energética da atividade pastoril através da melhor captação da energia solar e incorporação do carbono atmosférico.

Conforme salientado a planta depende da área foliar para capturar a radiação fotossinteticamente ativa e a desfolha promovida pelos herbívoros deve ser planejada para não comprometer esta função. Uma forma de planejar esta desfolha é através da divisão planejada das pastagens. Além disto, a divisão de pastagens complementa a ação do ajuste de carga animal. Consideremos a necessidade de áreas reservas para abrigar os animais que variam seu número nas áreas em que as cargas estão sendo ajustadas.

Além da divisão das pastagens o diferimento também é salutar para a manutenção da cobertura vegetal e também é uma atividade interdependente ao ajuste de carga. O diferimento consiste em vedar determinada área ao ingresso de animais por um período, por isso também é chamado de vedação, com base em Perez (2016). Com esta ação procura-se acumular forragem em determinada área durante um período de grande intensidade de radiação fotossinteticamente ativa para disponibilizar a biomassa em um período em que a radiação tenha diminuído e a taxa de crescimento das pastagens esteja decaindo. Além disto, o diferimento proporciona condições para que as plantas atinjam o período reprodutivo e possam depositar suas sementes no solo para manutenção de sua permanência na área.

Diante destas ações de ajuste da carga animal, diferimento e divisão de pastagens procuramos promover o melhor aproveitamento possível da energia solar incorporando o carbono atmosférico em compostos orgânicos que serão tanto transformados em produção animal e biomassa vegetal quanto armazenados no solo favorecendo a conservação da matéria orgânica do solo promovendo sua fertilidade constituindo um ciclo ambientalmente sustentável e energeticamente eficiente.

De acordo com Briske e Heitschmidt (1991 *apud* Carvalho et al 1998) o ecossistema pastoril tem uma característica marcante no fluxo de energia que ocorre nos diferentes níveis tróficos. O aproveitamento da radiação solar pela vegetação e o aproveitamento da biomassa vegetal pelos herbívoros quando de sua ingestão configuram o principal eixo de transferência de energia no ecossistema pastoril. Desta forma podemos entender que a quantidade de energia que sai do sistema na forma de produto animal é resultado da quantidade de energia que é capturada e aproveitada pela vegetação.

Nabinger (1998 *apud* Carvalho et al. 1998) demonstrou que através do manejo adequado do sistema pastoril pela adequação do ajuste de carga animal em função da estacionalidade da produção vegetal é possível otimizar a produtividade final do sistema, conforme tabela abaixo.

Tabela 04: Efeito da intensidade do pastejo sobre o fluxo e a eficiência de transformação de energia numa pastagem natural do Rio Grande do Sul

Componentes do sistema	Intensidade de pastejo (kg MS/100 kg de peso vivo/dia)			
	4%	8%	12%	16%
	Conteúdo de energia			
Energia solar total incidente (MJ/ha)	48.000.000			
Radiação fotossinteticamente ativa PAR incidente (MJ/ha)	20.600.000			
Produção primária aérea (MJ/ha)*	40.877	68.714	73.343	66.842
Produção secundária (MJ/ha)*	1.835	3.144	3.415	2.738
	Eficiência de transformação			
PAR/Produção primária aérea	0,20	0,33	0,36	0,32
PAR/ Produção secundária	0,009	0,015	0,017	0,013
Produção primária/Produção secundária	4,48	4,53	4,66	4,10

*considerando-se a concentração de energia nos tecidos vegetal e animal de 19,7 e 23,5MJ/kg, respectivamente.

Fonte: adaptado de Nabinger (1998 *apud* Carvalho et al. 1998)

Conforme tabela acima podemos verificar que as taxas de lotação com meta de oferta de MS de 12% correspondem à maximização do aproveitamento da radiação solar incidente numa pastagem e aproveitamento desta para nutrição dos animais e produção de proteína animal. Além disto, esta taxa de lotação também predispõem a pastagem a armazenar carbono e nitrogênio dependendo de sua estrutura vegetal.

4.3 SISTEMA PLANTIO DIRETO

De acordo com Denardin (2016) o Sistema Plantio Direto- SPD é preconizado como uma prática da agricultura conservacionista fundamentado no manejo e na estruturação de sistemas diversificados de produção com rotação, sucessão e consorciação de culturas.

O autor ainda informa que a emissão de gases de efeito estufa- GEE em sistemas agrícolas está associada à decomposição de restos de culturas e mineralização da matéria orgânica- MO, ao consumo de combustíveis fósseis tanto pelo uso de maquinário e implementos quanto para a obtenção de insumos industrializados que demanda energia fóssil para sua obtenção.

O revolvimento do solo oxigena o mesmo, ativa a microbiota e provoca a decomposição da matéria orgânica provocando a emissão de GEE, de acordo com Denardin (2016). Além disto, com esta incorporação pelo revolvimento do solo e consequente degradação da MO o solo fica exposto a processos erosivos resultando em perda de solo e água e de fertilizantes, provocando contaminações ambientais e assoreamento de cursos hídricos.

As características do SPD que determinam sua capacidade de mitigação da emissão de gases de efeito estufa, de acordo com Denardin (2016), são a limitação da mobilização (revolvimento) do solo à linha de semeadura, redução do consumo de combustíveis fósseis, manutenção de restos culturais na superfície do solo, redução de taxas de decomposição de palhadas e oxidação da matéria orgânica do solo, diminuir perdas de solo e água por erosão e escoamento superficial respectivamente, redução do consumo de fertilizantes industriais.

De acordo com Santiago (2007 *apud* Silva 2011) o preparo convencional do solo é definido como o revolvimento de camadas superficiais para reduzir a compactação, incorporar corretivos e fertilizantes, aumentar espaços porosos. Promove o corte e enterrio de plantas daninhas e auxilia no controle de pragas e patógenos. Realizado basicamente por arações e gradagens com corte, elevação, inversão das fatias de solo, esboroamento para diminuir o tamanho dos torrões e desagregação dos mesmos e nivelamento do terreno. Facilita a dispersão de argilas que retém maior parte dos nutrientes pela erosão hídrica e eólica. Favorece a evaporação da água armazenada no solo.

De acordo com Muzilli (1981 *apud* Silva 2011) o SPD é definido como um sistema conservacionista do solo em que a semeadura se dá em sulco ou cova sobre solo mobilizado somente localmente. Prescinde das operações de aração, gradagens e escarificações entre outros métodos de preparo.

Conforme Milho e Sorgo (2006 *apud* Silva 2011) o SPD é uma interação entre diferentes fundamentos como ausência de revolvimento evitando o selamento superficial e consequente escoamento da água, aumentando a infiltração e reduzindo a erosão. Reduz as perdas de água por evaporação, aumentando a disponibilidade de água para

as plantas bem como a atividade biológica e a manutenção da matéria orgânica. Outro fundamento diz respeito à formação e manutenção da cobertura morta que promove a proteção contra o impacto das gotas de chuva reduzindo a desagregação e perda de solo, promovendo a proteção contra a incidência de raios solares e evitando o excesso de evaporação de água e variações muito grande da amplitude térmica do solo bem como da exposição à ação erosiva dos ventos. Além disto a decomposição da matéria orgânica promove a atividade microbiana e reciclagem de nutrientes e o controle de plantas daninhas pelo efeito alelopático do exsudatos. Outro fundamento diz respeito a necessidade de rotação de culturas consistindo em uma combinação de cultivos de diferentes espécies alternadamente durante as estações de cultivo com diferentes exigências nutricionais e com diferentes velocidades de decomposição, produção de fitomassa e sistemas radiculares distintos promovendo a eficiência do sistema.

Em vista da dispensa das atividades de preparo do solo (revolvimento) Fernandes et al. (2008 *apud* Silva 2011) em estudos sobre diferentes sistemas de preparo concluíram que o SPD foi o sistema que proporcionou o menor consumo de combustíveis fósseis com redução de 22,45 l/ha em relação ao sistema convencional. No entanto, o gasto com herbicidas no SPD, de acordo com Borges Filho et al. (2001 *apud* Silva 2011) foram maiores no SPD.

Em relação à mão de obra para formação de culturas Borges Filho (2001 *apud* Silva 2011) determinou que a mão de obra por trabalhador foram de 35 horas no SPD contra 92,5 horas no plantio convencional representando numa economia de 68,3% de tempo de mão de obra.

Concluimos com estes dados que o SPD representa economia de energia física despendida pelo trabalhador e energia química despendida pelo uso de combustíveis fósseis. E considerando Cruz et al. (2009 *apud* Silva 2011) que encontrou maiores produtividades no cultivo de milho em SPD em relação ao cultivo convencional podemos afirmar que o SPD é mais eficiente energeticamente no tocante a mão de obra e consumo de energéticos pois foi mais produtivo com menor dispêndio de energia.

Por fim Silva 2011 conclui que dentre os sistemas de preparo do solo o SPD apresenta uma tecnologia com grande êxito e evoluções em termos de eficiência técnica e agronômicas e conseqüentemente energéticas (grifo nosso).

Conforme Fernandes 2007 em sua pesquisa procurou determinar o custo energético das principais operações agrícolas em 04 métodos de cultivo do milho testando a hipótese de que os sistemas de preparo conservacionistas podem proporcionar economia de energia em relação ao demais. Comparou preparo

convencional- PC (aração, gradagem e semeadura), cultivo mínimo- CM (herbicida, escarificação e semeadura), cultivo mínimo- PR (herbicida, grade de disco, semeadura) e plantio direto- PD (herbicida e semeadura).

Neste trabalho Fernandes (2007) utilizou a metodologia proposta por Hetz & Barrios que determina o custo de energia em MJ/h (que foi transformado em MJ/ha) adicionando à equação a energia encontrada nos materiais incluindo fabricação, transporte, combustível, lubrificantes, reparações e manutenções e mão de obra necessária para a operação. Determinou que o plantio direto foi o que consumiu menor quantidade de combustíveis fósseis em vista da menor utilização de maquinário. Concluiu que o plantio direto, considerando todos os quesitos foi o que consumiu menor quantidade de energia conforme tabela abaixo.

Tabela 05: Custo energético de quatro sistemas de preparo e semeadura de milho.

Operações	Sistemas de preparo			
	PC	PR	CM	PD
	Custo energético (MJ ha ⁻¹)			
Arado de disco	1420,43	-	-	-
Grade de disco	573,80	-	-	-
Pulverização	-	818,03	816,06	815,85
Grade leve	-	-	656,24	-
Vibro escarificador	-	749,09	-	-
Semeadura	578,66	536,09	532,20	540,53
Total	2572,89	2105,22	1994,50	1356,38
Porcentagem total (%)	100	81,82	77,52	52,72

Fonte: Fernandes (2007).

Gassen e Gassen (1996 *apud* Fernandes 2007) evidenciou que em áreas extensas sobre manejo de plantio direto reduziram-se custos de produção relacionados a consumo de combustível (60%), investimento em máquinas (50%) e consumo de força (60%).

Conforme Guadagnin et al. (2005 *apud* Fernandes 2007) os sistemas conservacionistas como SPD são mais eficazes que o cultivo convencional na prevenção de perdas de água e solo e conseqüentemente de fertilizantes como o nitrogênio. Informa que as perdas em sistemas convencional de preparo do solo foram 09 vezes maiores que em sistemas conservacionistas.

Considerando que os fertilizantes nitrogenados demandam grandes quantidades de energia para sua fabricação, os sistemas conservacionistas quando conservam estes

insumos mediante prevenção da erosão do solo determinam uma maior eficiência energética.

Considerando que o carbono pode ser considerado como um indicador da armazenagem de energia em agroecossistemas (energia solar incorporada na biomassa e esta por sua vez incorporada no solo) de acordo com Vezzani Mielniczuck (2009 *apud* Tavares 2012) as práticas conservacionistas mantêm este carbono em níveis adequados melhorando a qualidade, sustentabilidade e capacidade de produção dos solos agrícolas.

De acordo com Tavares (2012) existem diferenças estatísticas entre os resultados de produtividade da soja entre os diferentes sistemas de preparo do solo com maior produtividade para o sistema plantio direto e menor produtividade para o sistema convencional, conforme tabela abaixo.

Tabela 06: Produtividade da soja nos diferentes preparos de solo

Preparo do solo	Produtividades kg.ha ⁻¹
Cultivo Mínimo	3401 AB
Plantio Direto	3732 A
Preparo com grade	3234 B
CV (%)	13,76

Médias seguidas de letras distintas, maiúscula na coluna, diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Fonte: Tavares (2012)

Por fim Tavares (2012) concluiu que ocorreu maior produtividade de soja no sistema plantio direto que em outros sistemas de preparo do solo, que o SPD requer menor consumo operacional de combustível e que é mais satisfatório para o produtor em relação ao consumo de combustível fóssil e produtividade dos sistemas adotar o sistema plantio direto em relação a outros sistemas.

Conforme Fernandes et al. (2008 *apud* Riquetti 2011) comparando SPD e plantio convencional o consumo de combustíveis é maior no sistema convencional que no SPD bem como a demanda total de energia.

Santos et al. (2007 *apud* Riquetti 2011) avaliou a demanda energética em sistemas de preparo do solo e concluiu que o plantio direto foi o sistema de manejo do solo mais eficiente energeticamente em relação aos demais.

Riquetti (2011) elaborou um balanço energético em diferentes sistemas de cultivo composto por gastos de energia relativos a depreciação horária de máquinas e implementos, consumo de combustível, lubrificantes, graxa, herbicidas, inseticidas e nutrientes empregados em cada sistema de produção. Determinou que em todos os sistemas o uso de energia relativo a herbicidas e fertilizantes são iguais e constituem o maior consumo de energia em todos, conforme tabelas abaixo.

Tabela 07: Entrada de energia no Sistema Plantio Direto com milho não transgênico

Item	Uso por ha	Coefficiente Energético	Energia total (MJ.ha ⁻¹)
Trator John Deere	0,64 h	37,5903 MJ.h ⁻¹	24,06
Trator TL75E	0,45 h	30,1168 MJ.h ⁻¹	13,55
Trator MF 296	0,656 h	40,1882 MJ.h ⁻¹	26,36
Semeadora	0,64 h	54,8911 MJ.h ⁻¹	35,13
Pulverizador	0,656 h	40,9175 MJ.h ⁻¹	26,84
Combustível	9,82 L	38,53464 MJ.L ⁻¹	378,41
Herbicidas	5,4 L	347,88 MJ.L ⁻¹	1878,55
Inseticidas	0,12 L	311,08 MJ.L ⁻¹	37,33
Nitrogênio	114 kg	62,51 MJ.kg ⁻¹	7126,14
P ₂ O ₅	140 kg	9,63 MJ.kg ⁻¹	1348,20
K ₂ O	80 kg	9,21 MJ.kg ⁻¹	736,80
Lubrificantes	0,108 L	35,94056 MJ.L ⁻¹	3,88
Graxa	0,079 kg	39,03672 MJ.kg ⁻¹	3,08
Mão-de-obra	3,16 h	2,1966 MJ.h ⁻¹	6,94
Total			11645,27

Fonte: Riquetti (2011)

Tabela 08: Entrada de energia no sistema convencional com milho não transgênico

Item	Uso por ha	Coefficiente Energético	Energia total (MJ.ha ⁻¹)
Trator John Deere	1,54 h	37,5903 MJ.h ⁻¹	57,89
Trator TL75E	0,45 h	30,1168 MJ.h ⁻¹	13,55
Trator MF 296	0,656 h	40,1882 MJ.h ⁻¹	26,36
Semeadora	0,65 h	54,8911 MJ.h ⁻¹	35,68
Pulverizador	0,656 h	40,9175 MJ.h ⁻¹	26,84
Grade	0,89 h	77,8517 MJ.h ⁻¹	69,29
Combustível	L	38,53464 MJ.L ⁻¹	1004,21
Herbicidas	5,4 L	347,88 MJ.L ⁻¹	1878,55
Inseticidas	0,12	311,08 MJ.L ⁻¹	37,33
Nitrogênio	114 kg	62,51 MJ.kg ⁻¹	7126,14
P ₂ O ₅	140 kg	9,63 MJ.kg ⁻¹	1348,20
K ₂ O	80 kg	9,21 MJ.kg ⁻¹	736,80
Lubrificantes	0,188 L	35,94056 MJ.L ⁻¹	6,76
Graxa	0,132 kg	39,03672 MJ.kg ⁻¹	5,15
Mão-de-obra	3,16 h	2,1966 MJ.h ⁻¹	6,94
Total			12379,69

Fonte: Riquetti (2011)

O balanço energético final obtido por Riquetti (2011) segue conforme tabela abaixo.

Tabela 09: Balanço energético dos sistemas de produção

Sistema de produção	Entrada (MJ.ha ⁻¹)	Saída (MJ.ha ⁻¹)	Saída – Entrada (MJ.ha ⁻¹)
PDT	11.532,25	161.742,74	150.210,49
PDNT	11.645,27	159.832,07	148.186,80
CMT	12.237,08	160.762,48	148.525,40
CMNT	12.350,82	155.213,22	142.862,40
PCT	12.156,89	140.376,42	128.219,53
PCNT	12.379,69	150.262,08	137.882,39

Fonte: Riquetti (2011)

E a eficiência energética obtida foi apontada conforme tabela abaixo.

Tabela 10: Eficiência energética dos sistemas de produção

Sistema	Eficiência energética
PDT	14,03
PDNT	13,73
CMT	13,14
CMNT	12,57
PCT	11,55
PCNT	12,14

Fonte: Riquetti (2011).

As siglas das tabelas fazem referência aos sistemas conforme segue: PDT-Plantio Direto Transgênico, PDNT- Plantio Direto Não Transgênico, CMT- Cultivo Mínimo Transgênico, CMNT- Cultivo Mínimo Não Transgênico, PCT- Plantio Convencional Transgênico e PCNT- Plantio Convencional Não Transgênico.

Conforme Batjes (1996 *apud* Escobar 2008) estima-se que os solos, são importante reservatório natural de carbono (**energia armazenada- grifo nosso**) em seus primeiros 100 cm, correspondendo a 4 vezes mais carbono que na vegetação e 3 vezes mais carbono que na atmosfera.

De acordo com Cast (2004 *apud* Escobar 2008) os processos de influxo e efluxo de C do solo dependem de práticas de manejo do solo e das condições edafoclimáticas.

De acordo com Bayer et al. (2000a *apud* Escobar 2008) a associação do SPD com rotação de culturas com alto aporte de resíduos vegetais pode atuar como um dreno de CO₂ atmosférico.

De acordo com Duxbury (1995 *apud* Escobar 2008) os solos são a maior fonte de N_2O sendo que as emissões estão associadas à adição de fertilizantes e aumento da mineralização do N orgânico do solo em sistemas agrícolas.

Conforme Kimble e Lal (2002 *apud* Escobar 2008) adições de resíduos vegetais à superfície do solo resultam num aumento de emissões de CO_2 por aumentar a taxa de respiração em função da presença de substrato para microorganismos.

Conforme Li (1995 *apud* Escobar 2008) mudanças em práticas agrícolas podem resultar em restauração de níveis de carbono orgânico e reduzir emissões de gases de efeito estufa mantendo a fertilidade com rotação de culturas, culturas em cobertura, manejo de resíduos de culturas, fertilizações orgânicas e inorgânicas.

Escobar (2008) concluindo a primeira parte seu estudo e considerando todo o ciclo de crescimento da soja determinou que o sistema solo-soja foi aproximadamente neutro no seqüestro de C podendo não apresentar contribuição para o seqüestro de carbono mesmo sob plantio direto. Sugere que devem ser feitas mais pesquisas pra determinar realmente a contribuição no seqüestro ou emissões de GEE.

Com relação ao N, Dalal et al. (2003 *apud* Escobar 2008) diz que o uso de fertilizantes naturais e leguminosas ao disponibilizar altos teores de nitrogênio no solo aumenta as emissões de N_2O .

De acordo com Bayer et al. (2000b *apud* Escobar 2008) o SPD, não preparado e com adição de resíduos culturais na superfície promove aumento dos estoques de carbono e nitrogênio do solo que associados a menor amplitude térmica do solo e maior presença de umidade podem ajudar a explicar as maiores emissões de GEE em solos sob SPD em comparação ao sistema convencional.

Escobar (2008) concluindo a segunda parte de seu trabalho determinou que a emissão de N_2O do solo em plantio convencional foi menor do que no solo em plantio direto sendo intensificada com a presença de resíduos de soja ao invés do milho. Por fim recomenda a rotação de soja e milho evitando a monocultura de soja no verão bem como o estabelecimento imediato de culturas após a colheita da soja visando aproveitar o N disponibilizado pela cultura diminuindo as emissões de GEE.

De acordo com Almeida et al. (2015) os processos microbianos promovem a desnitrificação produzindo óxidos nitrosos na ausência de oxigênio favorecido pela disponibilidade de carbono e presença de NO_3^- oriundo da mineralização da matéria orgânica.

Forster et al. (2005 *apud* Almeida et al. 2015) determinou que as principais fontes de liberação de óxido nitroso do solo são fertilizantes agrícolas nitrogenados, dejetos de animais, queima de combustíveis fósseis e processos naturais que ocorrem no solo.

Conforme Liu et al. (2007 *apud* Almeida et al. 2015) os solos sob SPD apresentam maior teor de carbono orgânico solúvel, maior atividade desnitrificadora podendo ser os fatores responsáveis pela maior emissão de óxidos nitrosos.

Frye (2005 *apud* Almeida et al. 2015) considera a importância dos fertilizantes nitrogenados para a produção agropecuária e por isso recomenda a utilização de inibidores de nitrificação e de urease nos fertilizantes, tecnologia que pode aumentar sua eficiência e diminuir os impactos ambientais (grifo nosso);

Vargas et al. (2012 *apud* Almeida et al. 2015) determinou que inibidores de nitrificação podem reduzir em 60% a liberação de óxido nitroso em comparação ao uso de fertilizantes sem o uso dos inibidores.

De acordo com Amado et al. (2002) o manejo de nitrogênio em sistemas agrícolas apresenta elevados riscos ambientais pela predisposição à perdas por erosão, lixiviação, desnitrificação e volatilização.

Bayer e Mielniczuk (1997 *apud* Amado et al. 2002) determinaram que o SPD favorece o aumento do nitrogênio total do solo estendendo-se ao longo do tempo de camadas mais superficiais para camadas mais profundas.

Holderbaum et al. (1990 *apud* Amado et al. 2002) informa que é a produção de matéria seca que determina o total de nitrogênio que é aplicado ao solo pelas leguminosas.

Ladd et al. (1981 *apud* Amado et al. 2002) sugeriu por meio de pesquisas com nitrogênio marcado que a maior proporção do nitrogênio da biomassa das leguminosas fica acumulado no solo como carbono orgânico.

Amado et al. (2002) diz que a dinâmica do nitrogênio das leguminosas é complexa pois depende da associação com o carbono determinando a dinâmica da decomposição e liberação do nitrogênio para culturas subsequentes.

Amado et al. (2002) introduziram, para fertilização do milho, fatores como a consideração da cultura de cobertura antecedente, além do teor de matéria orgânica e da expectativa de rendimento como critérios para recomendações de adubações nitrogenadas, conforme tabela 01 abaixo.

Percebemos pelas orientações da tabela que o uso de fertilizantes nitrogenados sintéticos oriundos de matéria-prima e combustíveis fósseis varia em função dos teores de matéria orgânica e culturas de cobertura antecedentes. Mesmo que o SPD seja

responsável por maiores emissões que o sistema convencional isto se deve ao fato do nitrogênio já estar armazenado no solo, assim como o carbono orgânico ao passo que o sistema convencional tende a ser deficitário em ambos.

Tabela 11: Recomendações de adubação nitrogenada para o milho adaptada ao sistema plantio direto e ao uso de culturas de coberturas no RS e SC.

Cultura de cobertura anterior ⁽⁵⁾	Expectativa de produtividade de grãos de milho (Mg ha ⁻¹) ⁽¹⁾											
	< 3			3-6			6-9			> 9		
	Matéria orgânica (%)											
	< 2,5	2,5-5,0	> 5,0	< 2,5	2,5-5,0	> 5,0	< 2,5	2,5-5,0	> 5,0	< 2,5	2,5-5,0	> 5,0
	----- kg ha ⁻¹ de N -----											
Leguminosa ⁽²⁾												
Baixa produção	40	30	20	80	70	50	120	90	70	160	140	100
Média produção	20	0	0	60	50	≤ 40	100	60	40	140	120	90
Alta produção	0	0	0	50	40	≤ 30	90	50	30	120	100	80
Consortiação ⁽³⁾												
Predomínio gramínea	60	40	≤ 30	100	80	60	140	100	80	160	140	100
Equilibrada	40	30	20	80	70	50	120	90	70	160	140	100
Predomínio leguminosa	20	0	0	60	50	≤ 40	100	80	60	140	120	90
Gramínea ⁽⁴⁾												
Baixa produção	80	60	≤ 40	110	90	≤ 65	160	100	70	180	160	120
Média produção	80	60	≤ 40	120	100	80	160	110	80	180	160	120
Alta produção	80	60	≤ 40	140	100	80	170	130	90	200	180	140
Pousio inverno	80	60	≤ 40	130	90	≤ 65	160	120	80	180	160	120

⁽¹⁾ A expectativa de produtividade é baseada em anos com precipitação pluviométrica normal. ⁽²⁾ Leguminosas com baixa produção de matéria seca (MS) = < 2 Mg ha⁻¹; média produção de MS = 2-3 Mg ha⁻¹; alta produção de MS = > 3 Mg ha⁻¹. ⁽³⁾ Consortiação equilibrada (1/2 de leguminosa + 1/2 de gramíneas); consorciação com predomínio de leguminosa = 2/3 leguminosa + 1/3 gramínea e consorciação com predomínio de gramínea = 2/3 gramínea + 1/3 leguminosa. ⁽⁴⁾ Gramíneas: baixa produção de MS = < 2 Mg ha⁻¹; média produção de MS = 2-4 Mg ha⁻¹; alta produção de MS = > 4 Mg ha⁻¹. Obs.: Nabo forrageiro pode ser considerado como uma leguminosa de média produção para solos com > 2,5% de MO e produção de MS > 3,0 Mg ha⁻¹ e leguminosa de baixa produção para solos < 2,5% de MO e produção de MS ≤ 3,0 Mg ha⁻¹. ⁽⁵⁾ Milho em rotação anual durante o verão com a soja poderá ter a recomendação de adubação nitrogenada reduzida em até 20%.

Fonte: Amado et al. (2002).

Pelo exposto podemos considerar que o sistema plantio direto- SPD pode ser considerado mais eficiente energeticamente que demais sistemas de cultivo uma vez que consome menos combustível, armazena mais carbono no solo considerando que este elemento é um indicador da conservação de energia em agroecossistemas, despende menos energia em adubos nitrogenados e armazena mais nitrogênio no solo através da fixação biológica de nitrogênio- FBN e por fim apresenta maiores produtividades agrícolas com menores custos e balanços energéticos mais favoráveis. Por outro lado o SPD demanda um ajuste fino para que possa cumprir seu papel de mitigador da emissão de gases de efeito estufa.

Este ajuste fino que o plantio direto deve apresentar se refere basicamente à relação carbono- nitrogênio, relação C/N, que representa uma proporção energético-

proteica necessária para o metabolismo ideal da microbiota do solo que irá imobilizar ou mineralizar o nitrogênio de acordo com o equilíbrio da mesma.

Neste sentido busca-se alguns estudos para melhor compreensão da questão. Mengel 1996 apud Assis 2006 informa que a manutenção ou recuperação dos estoques de matéria orgânica do solo depende do tipo, da quantidade e da qualidade do material orgânico adicionado, da sequência de culturas adotadas e do sistema de manejo.

De acordo com Heal et al (1997 *apud* Fabian, 2009) a decomposição de resíduos vegetais é controlada por características quantitativas do material. Por exemplo: porcentagens de N, C, lignina e polifenóis. E pela relação C/N conforme Roman e Velloso, 1993 apud Fabian 2009.

Mellilo et al. (*apud* Fabian, 2009) informa que os parâmetros mais importantes para estudos sobre decomposição de resíduos agrícolas são os teores de carbono- C, nitrogênio- N e fósforo- P, bem como as relações C/N e C/P.

Conforme Costa et al. (2008) o balanço de carbono- C no solo depende da relação entre as adições de C fotossinteticamente adicionado pelas plantas e as perdas de C para a atmosfera devido a oxidação microbiana.

De acordo com La Scala Jr et al. (2006 *apud* Costa, et al. 2008) o preparo do solo e o manejo de culturas afetam as taxas metabólicas de microorganismos nos processos de decomposição de resíduos e da matéria orgânica.

La Scala Jr et al. (2006 *apud* Costa et al. 2008) dizem também que a atividade decompositora atinge níveis mais elevados logo após o revolvimento do solo decrescendo posteriormente devido à redução ao mínimo das frações orgânicas de fácil decomposição.

De acordo com Costa et al. (2008) a emissão basal de CO₂ é diferente em sistemas de manejo com distintas adições de resíduos vegetais e distintos estoques de carbono no solo. Desta forma, o uso dos padrões de emissões de CO₂ isoladamente não é um indicador apropriado do potencial de mitigação das emissões de GEE dos sistemas de cultivo, mas deveriam ser usadas as emissões por unidade de C na matéria orgânica do solo e em resíduos vegetais compondo-se o Índice de Conservação do Carbono ICC= CO₂/(C-resíduo +C-solo). Assim, sistemas de manejo com menor emissão de CO₂ por unidade de carbono orgânico na M.O. e em resíduos vegetais apresentam maior potencial de conservação de C no solo.

Costa et al. (2008) concluem que a adição de resíduos de culturas foi maior no SPD que no convencional e que as sucessões que apresentaram leguminosas antecedendo o milho foram as responsáveis pelos maiores aportes de resíduos. No entanto o balanço de C no plantio convencional foi sempre negativo (funcionando sempre

como fonte de CO₂ pra atmosfera- grifo nosso) e no SPD o balanço de C foi positivo (funcionando como dreno de CO₂ da atmosfera- grifo nosso) somente quando o milho foi antecedido por leguminosa na sucessão, com maiores aporte de resíduos. Ou seja, mesmo o SPD com sucessão de gramínea/gramínea teve um balanço ligeiramente negativo de C devido a menor produção de biomassa funcionando como fonte de CO₂ para a atmosfera.

Amado et al. (2001 *apud* Costa et al., 2008) determinam que o uso de leguminosas combinado com diversidade de espécies em sucessão ou rotação de culturas aumenta significativamente a retenção de C e N no solo e conseqüente mitigação das emissões de gases de efeito estufa.

Segundo Fabian (2009) alguns autores sugerem níveis críticos da relação C:N ou seja 30 a 40:1 para imobilização do N e 15 a 25:1 para mineralização do N.

Na verdade o que se busca com a adição de resíduos de culturas aos solos é um equilíbrio entre mineralização e imobilização da M.O. mantendo o nitrogênio no sistema e liberando aos poucos conforme demanda do cultivo agrícola evitando desta formas as emissões de GEE e perdas de N.

Jantalia et al. (2008 *apud* Coutinho et al.,2010) dizem que as pesquisas sobre emissões de GEE em função das mudanças de uso da terra nas condições brasileiras devem ser ampliadas para melhor avaliação dos impactos decorrentes das mesmas.

4.4 INTEGRAÇÃO LAVOURA- PECUÁRIA- FLORESTA- ILPF E AGROFLORESTAS

Conforme Alvarenga e Noce (2005 *apud* boletim Silva 2016) a integração lavoura-pecuária- iLP se define como uma forma de uso da terra com planejamento baseado em cima da diversificação, rotação, consorciação e/ou sucessão de culturas e pecuária num mesmo sistema possibilitando a exploração do solo economicamente intensificada devido ao sinergismo entre os componentes.

De acordo com Silva (2016) configura-se 04 modalidades de sistemas distintos de integração:

- Integração agropastoril, integrando componente agrícola e pecuário;
- Silvopastoril, integrando componentes pecuário e florestal em consórcio;
- Silviagrícola, integrando componentes florestais e agrícolas; e
- Agrosilvipastoril, integrando componentes agrícolas, florestais e pecuários englobando os sistemas agroflorestais (silviagrícola, silvipastoril e agrosilvipastoril).

Ainda de acordo com Silva (2016) no planejamento dos sistemas estão previstas combinação de técnicas de integração como sucessão de culturas (em que as culturas se sucedem uma após a outra ao longo das estações e anos agrícolas- grifo nosso), rotação de culturas (em que as culturas vão variando ao longo do tempo não se repetindo na mesma área nas mesmas estações sucessivas- grifo nosso), consorciação de culturas (em que as culturas são cultivadas conjuntamente na mesma área e na mesma estação-grifo nosso).

A iLPF promove, incrementa e alia os benefícios do SPD, da FBN, do uso adequado de pastagens promovendo o sequestro e armazenamento de carbono orgânico no solo, fixação e aproveitamento adequado do nitrogênio e dos adubos sintéticos de formulações NPK (nitrogênio, fósforo e potássio). Proporciona também a intensificação da atividade agrosilvipastoril, pois diminuem-se os períodos em que as terras ficam desocupadas ou em pousio. Esta capacidade intensificação se deve ao fato do uso de diferentes culturas com diferentes capacidades de exploração do solo e ciclagem de nutrientes em variáveis sistemas de integração diversificando a produção e minimizando os riscos da atividade primária.

Exemplificando a situação de intensificação da atividade produtiva, Silva 2016 diz que existem 5 milhões de ha de várzeas utilizáveis no Estado e que 1,1 milhões são usados pela lavoura arroseira permanecendo o restante sob pousio ou sem produção econômica ao passo que através da integração agropastoril poderiam estar sendo utilizadas para o cultivo de pastagens de estação fria e produção agropecuária.

Para promover esta intensificação da atividade produtiva Silva 2016 informa sobre a importância do planejamento espaço temporal das áreas dentro de uma visão sistêmica considerando o sinergismo entre as atividades produtivas. No entanto, o planejamento deve respeitar a sincronização entre extração-reposição de nutrientes potencializando propriedades emergentes do solo e otimização de recursos via estoque de carbono e ciclagem de nutrientes. Isto, por fim representará a eficiência energética do sistema.

Por fim, Silva 2016 salienta alguns benefícios tecnológicos e ecológicos-ambientais da iLPF entre os quais ressaltamos aqueles que estão afinados com a eficiência energética:

- Melhoria de atributos físicos, químicos e biológicos do solo devido ao incremento de matéria orgânica,
- Minimiza a ocorrência de plantas daninhas (que devido a diversificação encontram uma variação muito grande de nichos sendo suprimidas mais facilmente do sistema- grifo nosso),

- Minimização da ocorrência de pragas e doenças (por motivos similares ao das plantas daninhas- grifo nosso),
- Maior eficiência na utilização de insumos e ampliação do balanço positivo de energia (pois o que “sobrou de energia dispendida em uma cultura” fica disponível para a cultura imediatamente seguinte e ou para as posteriores),
- Melhoria na utilização de recursos naturais pela complementariedade e sinergia entre os componentes vegetais e animais.
- Diminuição do uso de agroquímicos devido ao maior controle sistêmico de pragas (insetos e invasoras) e patógenos.
- Maior capacidade de seqüestro de carbono,
- Intensificação da ciclagem de nutrientes.

De acordo com Macedo (2009 *apud* Balbino et al. 2011) o monocultivo e práticas culturais inadequadas causam perda de produtividade, favorecem pragas e doenças e degradação do solo e de recursos naturais.

Macedo (2009 *apud* Balbino et al. 2011) determinou que sistemas iLP são alternativas para recuperação de pastagens degradadas e para produção de palhadas para cultivos agrícolas anuais melhorando a produção da cobertura morta e propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. Promovendo também a utilização mais eficiente de equipamentos e aumento de emprego e renda no campo.

Conforme Gasparini et al. (2017) os fatores que levaram os produtores a optar por sistemas integrados foi o aumento da produtividade de grãos e de carne. Outra motivação foi a recuperação de pastagens e de solos degradados pelo acúmulo de matéria orgânica e redução de custos nestas operações. Como motivações econômicas indiretas cita a valorização das propriedades e melhor aproveitamentos das infraestruturas produtivas e diversificação de renda. Fatos corroborados em outros estudos por distintos autores .

Conforme Vilela et al *apud* Balbino et al. (2011) outro benefício da iLP é a redução do uso de agroquímicos pela quebra de ciclos de pragas e doenças.

Conforme Gasparini et al. (2017) no entanto, a complexidade de sistemas integrados geram dificuldades gerenciais em vários níveis (estratégico, tático e operacional) demonstrando a necessidade de difusão do conhecimento técnico.

Segundo Balbino et al. (2011) o quadro de baixa sustentabilidade pode ser revertido através de tecnologias como SPD e sistemas agrosilvipastoris. Diz ainda que a inclusão de árvores nos sistemas integração lavoura e pecuária- iLP representa uma inovação evoluindo para integração Lavoura Pecuária Floresta- iLPF.

Para a pecuária a iLPF representa um favorecimento microclimático promovendo o conforto térmico dos animais à sombras das árvores conforme Garcia et al. (2011 *apud* Balbino et al. 2011). Convém salientar neste quesito que em bioclimatologia animal modificações ambientais como o sombreamento podem influenciar nos índices de desempenho zootécnico como produtivos, reprodutivos e de bem estar animal representando ganhos em eficiência energética.

Oliveira et al. (2008 *apud* Balbino et al 2011) determinou que a presença do componente arbóreo na integração silvipastoril propiciou retornos econômicos nos sistemas estudados com a produção de madeira e estoque de carbono e venda de créditos de carbono.

Conforme Gasparini et al. (2017) a inovação dos sistemas integrados consiste na capacidade de combinar e empregar distintas tecnologias num mesmo espaço e tempo não exigindo incremento de tecnologias. O conhecimento exigido na integração dos sistemas é o insumo fundamental na produção multiproduto.

De acordo com Balbino et al. (2011) a iLPF integra produção de alimentos, fibras, energia e produtos florestais na mesma área através de consorciação, sucessão ou rotação otimizando ciclos biológicos de plantas e animais bem como a utilização de insumos e resíduos de um cultivo para o outro. Desta forma aumenta também a eficiência no uso de máquinas, equipamentos e mãos de obra.

Conforme Soares et al. (2009 *apud* Balbino 2012) o crescimento e desenvolvimento das diferentes culturas respondem as influências impostas pelo sistema adotado em função da quantidade e qualidade da radiação que chega ao estrato inferior do subosque. Através do ajuste do espaçamento entre plantas é possível promover o crescimento harmônico entre árvores e plantas forrageiras, conforme se observa na tabela abaixo em que se pode observar o efeito do espaçamento na produção de matéria seca no centro da entrelinha.

Tabela 12: Radiação Fotossintética e produção e matéria seca de espécies forrageiras submetidas a diferentes densidades de *Pinus taeda* em Abelardo Luz, SC.

Radiação/Espécie	Pleno sol	Espaçamento	
		15 x 3	9 x 3
	 (MJ/m ² /dia).....	
Radiação fotossintética	6,34	2,10	1,08
	 (t/ha).....	
<i>B. brizantha</i> cv. Marandu	26,6 Aa	25,4 Aa	11,8 Ba
<i>P. maximum</i> cv. Aruana	27,2 Aa	20,5 Bb	2,7 Bc
<i>P. maximum</i> cv. Tanzânia	21,1 Ab	15,5 Ac	1,1 Bd
<i>P. maximum</i> cv. Mombaça	13,7 Ac	10,0 ABd	4,7 Bbc

Médias seguidas de letras diferentes, maiúsculas na linha e minúscula na coluna, diferem ($P < 0,5$) pelo teste Tukey. Adaptado de Soares et al., 2009.

Fonte: Soares et al. (2009 apud Balbino 2012)

Podemos perceber pela tabela acima que em alguns tipos de pastagens mesmo com uma redução bastante considerável de radiação solar em função da presença do componente arbóreo a produção de biomassa se manteve constante. Com isto promove-se a efficientização do aproveitamento da radiação solar disponível pois além da pastagem esta sendo produzida madeira, com suas múltiplas finalidades, seqüestrando-se maiores quantidades de carbono atmosférico e incorporando-o ao solo bem como aproveitando e reciclando maiores quantidades de nutrientes e conseqüentemente fertilizantes disponíveis no sistema.

5 CONCLUSÃO

Toda a energia que entra no agroecossistema promove modificações no mesmo. A energia radiante, através da fotossíntese produz a biomassa que mediante processos de decomposição pode ficar armazenada ou não na forma de matéria orgânica do solo dependendo do tipo de sistema produtivo adotado. A energia dos insumos como fertilizantes e agroquímicos, máquinas e implementos bem como os combustíveis fósseis tornam o agroecossistema um ambiente propício para os cultivos agrícolas eliminando qualquer forma de competição que possa ocorrer, visando a produtividade. No entanto, o uso excessivo destes insumos pode causar uma ineficiência energética do sistema produtivo aliado a grandes impactos ambientais como perdas de solo e água.

Neste sentido, detalhando e analisando os principais aspectos do Plano Agricultura de Baixa Emissão de Carbono este demonstrou ser capaz de substituir e armazenar maiores quantidades de energia. Referindo-se à substituição no sentido de que ao invés de fertilização química nitrogenada demandante de grandes quantidades de energia fóssil para sua obtenção opta-se pela fixação biológica de nitrogênio e ciclagem do mesmo no sistema produtivo. Referindo-se à conservação quando ao incorporar o gás carbônico oxidado CO₂ de baixa energia em moléculas orgânicas de alta energia e transferindo estas ao solo como matéria orgânica promovem seu armazenamento em um sistema produtivo desenhado para sua conservação.

Além disto, o Plano ABC demonstra sua eficiência energética mesmo que reduzindo o uso de insumos produtivos como maquinário, combustíveis, mão de obra, fertilizantes consegue incrementar a produtividade.

No tocante a emissões de gases de efeito estufa devemos considerar que em vista do maior armazenamento de energia através da ciclagem de nitrogênio e de carbono pelo aporte e decomposição da matéria orgânica ao solo em relação ao plantio convencional este emite os gases em maiores quantidades. Para minimizar estas emissões deve haver um ajuste fino no planejamento de rotação das culturas alternando fixadoras de nitrogênio, como as leguminosas com fixadoras de carbono, como as gramíneas fazendo com que as perdas através de emissões de GEE se reduzam e a produtividade se incremente.

Como recomendações para trabalhos futuros sugere-se que na análise do dispêndio energético fóssil de agroecossistemas produtivos sejam devidamente contabilizados os consumos de matéria prima fóssil que entra na forma de fertilizantes nitrogenados sintéticos.

Recomenda-se a promoção da FBN na cultura de feijão que tem potencial para uso da técnica e se adéqua às políticas de mitigação da emissão de gases de efeito estufa. Isto também vale para o uso da fixação biológica de nitrogênio com leguminosas forrageiras bem como continuidade das pesquisas sobre FBN em gramíneas.

Recomenda-se pesquisas mais aprofundadas para determinação da capacidade de mitigação dos gases de efeito estufa dos sistema plantio direto bem como a necessidade do estabelecimento de um ajuste fino na rotação de culturas de sistemas integrados visando a maximização do aproveitamento do nitrogênio disponível no solo em suas várias condições.

Por fim recomenda-se também o uso de inibidores de nitrificação em fertilizantes sintéticos nitrogenados que podem ser uma alternativa para melhorar a eficiência energética da adubação nitrogenada e mitigar a emissão de gases de efeito estufa.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, Risely Ferraz de; NAVES, Emmanuel Rezende; SILVEIRA, Camila Haddad; et al. **Emissão de óxido nitroso em solos com diferentes usos e manejos**: uma revisão. *Rev. Agro. Amb.*, v.8, n.2, p. 441-461, maio/ago. 2015.
- AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK J.; AITA, C.. Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo, sob sistema plantio direto. **R. Bras. Ci. Solo**, 26:241-248, 2002.
- ASSIS, Cristiane Pereira de; JUCKSCH, Ivo; MENDONÇA, Eduardo de Sá; et al. Carbono e nitrogênio em agregados de Latossolo submetido a diferentes sistemas de uso e manejo. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.41, n.10, p.1541-1550, out. 2006.
- BALBINO, Luiz Carlos; CORDEIRO, Luiz Adriano Maia; SILVA, Vanderley Porfirio da; et al. Evolução tecnológica e arranjos produtivos de sistemas de integração lavoura pecuária floresta no Brasil. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.46, n.10, p.i-xii, out. 2011.
- BALBINO, Luiz Carlos; VILELA, Lourival; CORDEIRO, Luiz Adriano Maia; et al. **Integração lavoura-pecuária-floresta (iLPF) região sul**. Brasília: Embrapa, 2012. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/82226/1/0000005512-ILPF-REGIAO-SUL.pdf>>. Acesso em: 10 de jun. de 2017.
- BUCUSSI, Alessandro A. **Introdução ao conceito de energia**. Porto Alegre: UFRGS, Instituto de Física, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, 2007.
- BRASIL. Lei Federal nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009 – institui a política nacional sobre mudança do clima - PNMC e dá outras providências.
- BRASIL. Decreto nº. 50.590, de 26 de agosto de 2013. Instituiu o Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de Uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura do Rio Grande do Sul- Plano ABC/RS. **Diário Oficial do Estado**, Porto Alegre, RS, 27 de agosto de 2013. Disponível em: <<http://www.agricultura.rs.gov.br/upload/arquivos/201606/17113344-decreto-n-50-590-2013.pdf>>. Acesso em: 13 de jun. de 2017.
- CARDOSO, Elke Juarandy Bran Nogueira. **Microbiologia do solo**. Campinas: Sociedade Brasileira do Solo, 1992.
- CARVALHO, P.C.F.; MARASCHIN, G.E.; NABINGER, C. Potencial produtivo do campo nativo do Rio Grande do Sul. In: Patiño, h.o. (ed.). Suplementação de ruminantes em pastejo, 1, **Anais**, Porto Alegre-RS. 1998.
- COSTA, Adriana Rodolfo da; MADARI, Beáta Emöke; CARVALHO, Márcia Thaís de Melo; et al. **Uso do nitrogênio na agricultura e suas implicações na emissão do gás de efeito estufa óxido nitroso (N₂O)**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2009.
- COSTA, Falberni de Souza; BAYER, Cimélio; ZANATTA, Josiléia Acordi; et al. Estoque de carbono orgânico no solo e emissões de dióxido de carbono influenciadas por sistemas de manejo no sul do Brasil. **R. Bras. Ci. Solo**, 32:323-332, 2008.

COUTINHO, Rodolfo Pellegrini; URQUIAGA, Segundo; BODDEY, Robert Michael; et al. Estoque de carbono e nitrogênio e emissão de N₂O em diferentes usos do solo na Mata Atlântica. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.45, n.2, p.195-203, fev. 2010.

DENARDIN, José Eloir. COMITÊ Gestor Estadual da Agricultura de Baixa Emissão de Carbono – CGE ABC /RS. **Sistema Plantio Direto. PLANO ABC**. Porto Alegre: Secretaria da agricultura, pecuária e irrigação, 2016.

ESCOBAR, Luisa Fernanda. **Emissão de gases de efeito estufa em sistemas de manejo em solo do planalto médio do rio grande do sul**. Santa Maria: [s.n.], 2008.

FABIAN, Adelar José. **Plantas de cobertura: efeito nos atributos do solo e na produtividade de milho e soja em rotação**. Jaboticabal, 2009.

FAGAN, Evandro Binotto; Medeiros, Sandro L. P.; MANFRON, Paulo A.; et al. Fisiologia da fixação biológica do nitrogênio em soja - revisão. **Revista da FZVA**. Uruguaiana, v.14, n.1, p. 89-106. 2007.

FERNANDES, Joana Rita Carvalho; RODRIGUES, Paulo. **Importância da inoculação com bactérias Rhizobium e Bradyrhizobium na produção de leguminosas e o uso do azoto**. Hortofruticultura & Floricultura, 2014. Disponível em: <http://www.agronegocios.eu/noticias/importancia-da-inoculacao-com-bacterias-rhizobium-e-bradyrhizobium-na-producao-de-leguminosas-e-o-uso-do-azoto/>. Acesso em: 10 de jun. 2017.

FERNANDES, Haroldo Carlos; SILVEIRA, João Cleber Modernel da; RINALDI, Paula Cristina Natalino; et al. Avaliação do custo energético de diferentes operações agrícolas mecanizadas. **Ciênc., Lavras**, v. 32, n. 5, p. 1582-1587, set./out., 2008.

FRANCO, José Alberto M.; SARAIVA NETO, Afonso. **Produção de fertilizantes nitrogenados e suprimento de matéria-prima**. Cap. 4., [200-]

GASPARINI, Liz Vanessa Lupi; COSTA, Thayane Souza; HUNGARO, Oksana Aparecida de Lara; et al. **Sistemas integrados de produção agropecuária e inovação em gestão: estudos de casos no mato grosso**. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Brasília: Rio de Janeiro: Ipea, 1990.

HUNGRIA, Mariangela. **A fixação do nitrogênio como tecnologia de baixa emissão de carbono para as culturas do feijoeiro e da soja**. Londrina: Embrapa, 2013.

INTERNATIONAL Plant Nutrition Institute (IPNI). Evolução do consumo aparente de N,P, K e total de NPK no Brasil. Fertilizantes, 2007. Disponível em: <
[http://brasil.ipni.net/ipniweb/region/brasil.nsf/0/E435E96B37A3CFEE83257A9C005D6823/\\$FILE/Tabelas%20-%20Consumo%20aparente%20de%20fertilizantes%20e%20mat%C3%A9rias.pdf](http://brasil.ipni.net/ipniweb/region/brasil.nsf/0/E435E96B37A3CFEE83257A9C005D6823/$FILE/Tabelas%20-%20Consumo%20aparente%20de%20fertilizantes%20e%20mat%C3%A9rias.pdf)>.
Acesso em: 12 jun. de 2017.

LIMA, Paulo César Ribeiro. **Fábrica de fertilizantes nitrogenados e produção de etanol no norte fluminense**. Brasília: Consultoria Legislativa; Câmara dos Deputados, 2007.

LISBOA, Bruno Brito. COMITÊ Gestor Estadual da Agricultura de Baixa Emissão de Carbono – CGE ABC /RS. **Fixação biológica de nitrogênio. PLANO ABC**. Porto Alegre: Secretaria da agricultura, pecuária e irrigação, 2016.

MARTINS, Claudia Rocha; PEREIRA, Pedro Afonso de Paula, LOPES, Wilson Araújo, et al. Ciclos globais de carbono, nitrogênio e enxofre: a importância na química da atmosfera. **Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola**, n. 5, Nov., 2003.

MELLO, Renato de. Um modelo para análise energética de agroecossistemas. **Revista de Administração de Empresas**. São Paulo, 29(4) 45-61, out./dez., 1989.

MENDES JUNIOR, Antonio Aparecido; BUENO, Osmar De Carvalho. Participação da energia fóssil na produção dos fertilizantes industriais nitrogenados com ênfase na ureia. **Energ. Agric., Botucatu**, vol. 30, n.4, p.442-447, out./dez., 2015.

MILITÃO, Cristina Maria Teixeira. **Estudo do ciclo do azoto**: uma aplicação para o ensino. Porto: Faculdade de Ciências; Faculdade do Porto, 2004.

MOTA, Murilo Renan; SANGOI, Luis; SCHENATTO, Diego Eduardo; et al. Fontes estabilizadas de nitrogênio como alternativa para aumentar o rendimento de grãos e a eficiência de uso do nitrogênio pelo milho. **R. Bras. Ci. Solo**, 39:512-522, 2015.

NABINGER, Carlos. **Bases ecofisiológicas do crescimento das pastagens e as práticas de manejo**. Porto Alegre: UFRGS; Faculdade de Agronomia, 2005.

PEDRA, Wellma Nascimento; PEDROTTI, Alceu; SILVA, Tácio Oliveira; et al. Estoques de carbono e nitrogênio sob diferentes condições de manejo de um Argissolo Vermelho Amarelo, cultivado com milho doce nos tabuleiros costeiros de Sergipe. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 6, p. 2075-2090, nov./dez. 2012.

PEREZ, Nailor Bastiani. COMITÊ Gestor Estadual da Agricultura de Baixa Emissão de Carbono – CGE ABC /RS. **Recuperação e Melhoramento de Pastagens na Região Sul do Brasil**. PLANO ABC. Porto Alegre: Secretaria da agricultura, pecuária e irrigação, 2016.

RICKLEFS, Robert E. **A economia da natureza**. 6 ed. São Paulo: Guanabara Koogan, [2010].

RIGON, João Paulo Gonsiorkiewicz. **Emissão de gases de efeito estufa em áreas de sistema semeadura direta com aportes diferenciados de carbono e nitrogênio**. Botucatu: [s.n.], 2013.

RIO GRANDE DO SUL. Lei nº 13.594, de 30 de dezembro de 2010. **Diário Oficial do Estado do Rio Grande do Sul**, Porto Alegre, 31 de dezembro de 2010. Seção 1, p. 3-5.

RIQUETTI, Neilor Bugoni. **Efeito do manejo de solo nos parâmetros agrônômicos e energéticos de híbridos de milho transgênico e não transgênico**. Botucatu: [s.n.], 2011.

SARANDÓN, Santiago Javier; et al. **Agroecología**: bases teóricas para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables. La Plata: Universidad Nacional de La Plata, 2014.

SECRETARIA de Minas e Energia. **Plano energético do Estado do Rio Grande do Sul 2016/2025**. Porto Alegre: SME, 2016.

SILVA, Fernando Moreira da. **Geografia Física II**. Natal, RN: EDUFRN, 2009.

SILVA, Juliana Cristina da; WENDLING, Beno; CAMARGO, Reginaldo de; Mendonça, Laís Barbosa Prazeres; et al. Análise comparativa entre os sistemas de preparo do solo: aspectos técnicos e econômicos. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer - Goiânia**, vol.7, N.12; 2011.

SILVA, Jamir Luís da. COMITÊ Gestor Estadual da Agricultura de Baixa Emissão de Carbono – CGE ABC /RS. **Integração Lavoura Pecuária Floresta (iLPF)**. PLANO ABC. Porto Alegre: Secretaria da agricultura, pecuária e irrigação, 2016.

SOARES, A.B.; SARTOR, L.R.; ADAMI, P.F.; VARELLA, A.C.; FONSECA, L.; MEZZALIRA, J. C. Influência da luminosidade no comportamento de onze espécies forrageiras perenes de verão. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.3, p.443-451, 2009.

TAVARES, Leandro Augusto Felix. **Avaliação da produtividade e demanda energética de duas cultivares de soja transgênica e uma não transgênica sob efeito dos preparos de solo**. Botucatu : [s.n.], 2012.

TEIXEIRA, Jaqueline M.; MOURA, Josiane M.; SILVA, Ubiana C.; et al. Estoque de nitrogênio total e relação C/N influenciados pelo sistema de manejo e uso do solo de Cerrado. **XXVIII Congresso Nacional de Milho e Sorgo**, 2010, Goiânia: Associação Brasileira de Milho e Sorgo.

TEIXEIRA JÚNIOR, Antônio de Souza. **Leis da termodinâmica**. São Paulo: FUNBEC; IBECC, [19--].

YAMADA, Tsuioshi; ABDALLA, Silvia Regina Stipp e . Como melhorar a eficiência da adubação nitrogenada do milho **Informações agronômicas**, n. 91 set., 2000.

XAVIER, Gustavo Ribeiro; RUMJANEK, Norma Gouvêa; GUEDES, Rejane Escrivani; et al. **Inoculante**. Brasília: Embrapa, [200-]. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/feijaocaupi/arvore/CONTAG01_2_2882007171552.html>. Acesso em: 10 de jun. de 2017.