



AVALIAÇÃO DE CICLO DE VIDA DE FERTILIZANTES: FASE DE USO

Ricardo Tadeu **Gomes**¹; Juliana Ferreira **Picoli**²; Márcio **Martins**³; Larissa Pacheco **Cappucio**⁴ e
Marília Ieda da Silveira Folegatti **Matsuura**⁵

Nº 14418

RESUMO – *O Brasil é o quarto maior consumidor de fertilizantes do mundo e atualmente importa mais da metade da sua demanda. Fertilizantes ou práticas de manejo inadequados resultam em grandes perdas de nutrientes para o ambiente, o que gera prejuízos econômicos e impactos ambientais. Ferramentas de gestão ambiental, como a Avaliação de Ciclo de Vida, podem ser usadas para se estimar esses impactos. O presente estudo, desenvolvido no âmbito do projeto FertBrasil, da Embrapa, adota a abordagem da Avaliação do Ciclo de Vida para avaliar os impactos ambientais potenciais de diferentes fertilizantes nitrogenados na sua etapa de uso, neste caso aplicados à cultura do milho. As etapas anteriores, de produção destes insumos, serão adequadas às condições brasileiras na sequência deste trabalho. Os fertilizantes nitrogenados comparados foram: a) ureia; b) ureia em mistura com zeólita; c) sulfato de amônio; e d) nitrato de cálcio – aplicados em adubação de cobertura, na dose de 120 kg N ha⁻¹. Foram estimadas as emissões de gases de efeito estufa e as emissões derivadas da combustão do óleo diesel em operações agrícolas. O desempenho ambiental do milho cultivado sob diferentes fontes de nitrogênio foi grandemente influenciado pela produtividade agrícola e pela quantidade de fertilizante nitrogenado aportado ao sistema produtivo. A etapa de produção dos fertilizantes também foi muito impactante, considerando-se o completo ciclo de vida do produto. O nitrato de cálcio foi o fertilizante de cobertura que apresentou o pior desempenho ambiental, sendo o mais impactante em sete, das dez categorias de impacto analisadas.*

Palavras-chaves: Desempenho Ambiental, Avaliação de Impactos Ambientais, Sistema de Produção, Milho

1 Autor, Bolsista Embrapa: Graduação em Tecnologia em Saneamento Ambiental, UNICAMP, Limeira-SP; rtgcampinas@hotmail.com.

2 Colaboradora, Bolsista Embrapa: Graduação em Engenharia de Alimentos, UNICAMP, Campinas-SP.

3 Colaborador, Bolsista da Embrapa: Pós-Doutorado, Seropédica- RJ

4 Colaboradora, Ex-bolsista da Embrapa: Graduação em Engenharia de Alimentos, UNICAMP, Campinas-SP.

5 Orientadora, Pesquisadora da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna-SP; marilia.folegatti@embrapa.br.



ABSTRACT- *Brazil is the fourth largest consumer of fertilizers in the world and currently imports more than half of its demand. Excessive use of fertilizers and inadequate management practices result in large losses of nutrients to the environment, which leads to economic losses and environmental impacts. Environmental management tools such as Life Cycle Assessment can be used to estimate these impacts. This study is part of FertBrasil project, led by Embrapa. The paper adopts the approach of Life Cycle Assessment to evaluate the potential environmental impacts of different nitrogen fertilizers applied to maize crop. The following nitrogenous fertilizers were compared: a) urea; b) urea mixed with zeolite; c) ammonium sulfate; d) calcium nitrate. All fertilizers were applied in topdressing at a dose of 120 kg N ha⁻¹. The fertilizers production stage will be adequate to the Brazilian conditions in the sequence of this study. Emissions of greenhouse gases derived from the applied fertilizers and emissions from combustion of diesel fuel in agricultural operations were estimated. The environmental performance of maize grown under different nitrogen sources was greatly influenced by agricultural productivity and by the amount of nitrogen fertilizer applied to the production system. The fertilizer production was also very important, considering the entire life cycle of the product. Calcium nitrate was the fertilizer that showed the worst environmental performance, being the most impactful in seven of the ten impact categories analyzed.*

Key-words: Environmental Performance, Environmental Impact Assessment, Crop System, Maize

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o quarto maior consumidor de fertilizantes do mundo e o sexto maior produtor. Atualmente, mais da metade dos fertilizantes consumidos no país é importada. Em alguns sistemas de produção os fertilizantes chegam a representar 50 % do custo variável (BENITES, 2014).

Por outro lado, grandes quantidades de nutrientes aplicados via fertilizantes são perdidas por diferentes mecanismos (BENITES, 2014). Além das implicações econômicas, essa perda de nutrientes para os compartimentos ambientais é potencial geradora de impactos.

Acidificação e eutrofização de solos e corpos de água, assim como o Efeito Estufa são alguns dos impactos ambientais causados pelo excesso ou inadequação da aplicação de fertilizantes em áreas de produção agrícola. Também o processo produtivo dos fertilizantes é impactante, por explorar um recurso natural não renovável e por demandar um grande aporte energético. Esses impactos ambientais podem ser estimados por ferramentas de gestão ambiental, como a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV).



VIII Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC2014 12 a 14 de agosto de 2014 – Campinas, São Paulo

Define-se Avaliação de Ciclo de Vida como sendo a compilação e avaliação de entradas, saídas e dos impactos ambientais potenciais de um sistema de produto ao longo do seu ciclo de vida (ABNT, 2009). Trata-se de uma ferramenta que permite a identificação, avaliação e comparação dos impactos ambientais em diversos pontos do ciclo de vida de produtos e, portanto, pode subsidiar tomadas de decisão, no planejamento estratégico e na melhoria de processos.

O presente estudo adota a abordagem da Avaliação do Ciclo de Vida para avaliar os impactos ambientais potenciais de diferentes fertilizantes nitrogenados, na sua etapa de uso, neste caso aplicados à cultura do milho. As etapas anteriores, de produção destes insumos, também serão abrangidas na sequência deste trabalho.

Este estudo integra o Projeto Rede FertBrasil, cujo objetivo é desenvolver, avaliar, validar e transferir produtos e processos que contribuam para o aumento de eficiência e para a introdução de novas fontes de nutrientes na agricultura brasileira. Resíduos orgânicos e fontes minerais alternativas, assim como novas tecnologias, como microrganismos promotores de crescimento, biotecnologias para solubilização de minerais e nanotecnologias para liberação lenta de fertilizantes estão sendo estudadas por este projeto e, mostrando-se promissoras, serão futuramente avaliadas quanto aos seus potenciais impactos ambientais.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho segue as diretrizes estabelecidas pela norma ABNT NBR ISO 14044:2009 (ABNT, 2009).

Foram testados quatro diferentes fertilizantes nitrogenados - ureia, ureia em mistura com zeólita, sulfato de amônio e nitrato de cálcio – aplicados à cultura do milho em adubação de cobertura, na dose de 120 kg N ha⁻¹ (Tabela 1).

Tabela 1. Fertilizantes nitrogenados e respectivas doses adotadas na adubação de cobertura.

Adubação Nitrogenada de Cobertura	
(120 kg N ha ⁻¹) – Fertilizantes:	Kg
a) Testemunha (sem N de cobertura)	0
b) Ureia pura	267
c) Ureia + zeólita	333
d) Sulfato de Amônio	600
e) Nitrato de Cálcio	857

O escopo deste estudo foi estabelecido como:

- Sistema de produto: produção de fertilizantes minerais nitrogenados;
- Função: suprir nitrogênio para culturas agrícolas - neste caso, milho;



VIII Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC2014 12 a 14 de agosto de 2014 – Campinas, São Paulo

- c) Fluxo de referência: 1 t de milho;
- d) Fronteiras do sistema: produção, uso e etapas de transporte de fertilizantes;
- e) Tipo e fonte de dados: para a produção de fertilizantes foram usados dados da base Ecoinvent (que serão, futuramente, adaptados); para a etapa de uso dos fertilizantes (ou de produção do milho) foram usados dados primários. As estimativas de emissões de gases de efeito estufa foram feitas com base em modelos do Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2007); as estimativas de emissões derivadas da combustão do óleo diesel tiveram como referência Nemecek & Kägi (2007).

No Nordeste brasileiro, o milho é plantado no início do ano, em sua maior parte em área não irrigada. No caso da área dos estudos deste trabalho, em região de Cerrado típico (extremo oeste baiano, município de Luiz Eduardo Magalhães), há rotação anual com soja, não havendo safrinha, e pratica-se o plantio direto, com adubação de cobertura. A produtividade média é de 6,36 t grãos ha⁻¹. Nesta área o cultivo do milho é praticado há mais de dez anos.

2.1 Análise de Inventário

Os inventários da produção de milho (correspondente à fase de uso dos fertilizantes nitrogenados) foram construídos a partir de práticas de preparo de solo, plantio, condução e colheita idênticas para todos os tratamentos. A única exceção foi o tipo e quantidade de fertilizantes nitrogenados aplicados em cobertura, como descrito anteriormente. Obviamente, a produção de milho e as emissões de componentes nitrogenados para os diferentes compartimentos ambientais também variaram.

2.2 Avaliação de Impactos do Ciclo de Vida (AICV)

Para a AICV adotou-se o método ReCiPe Midpoint (H) V1.07 / World ReCiPe H, desconsiderando-se as categorias de impacto não pertinentes à natureza dos processos principais em estudo. Vale destacar que não foram contabilizadas as emissões derivadas do uso de pesticidas. Foi usado como software de apoio o SimaPro, versão 7.3.3.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Das dez categorias de impacto ambiental consideradas na análise, sete se mostraram significativas após a normalização dos dados: Ocupação de Terra Agricultável, Acidificação

Terrestre, Toxicidade Humana, Ecotoxicidade de Água Doce, Eutrofização de Água Doce, Formação de Material Particulado e Mudanças Climáticas, nesta ordem de importância (Figura 1).

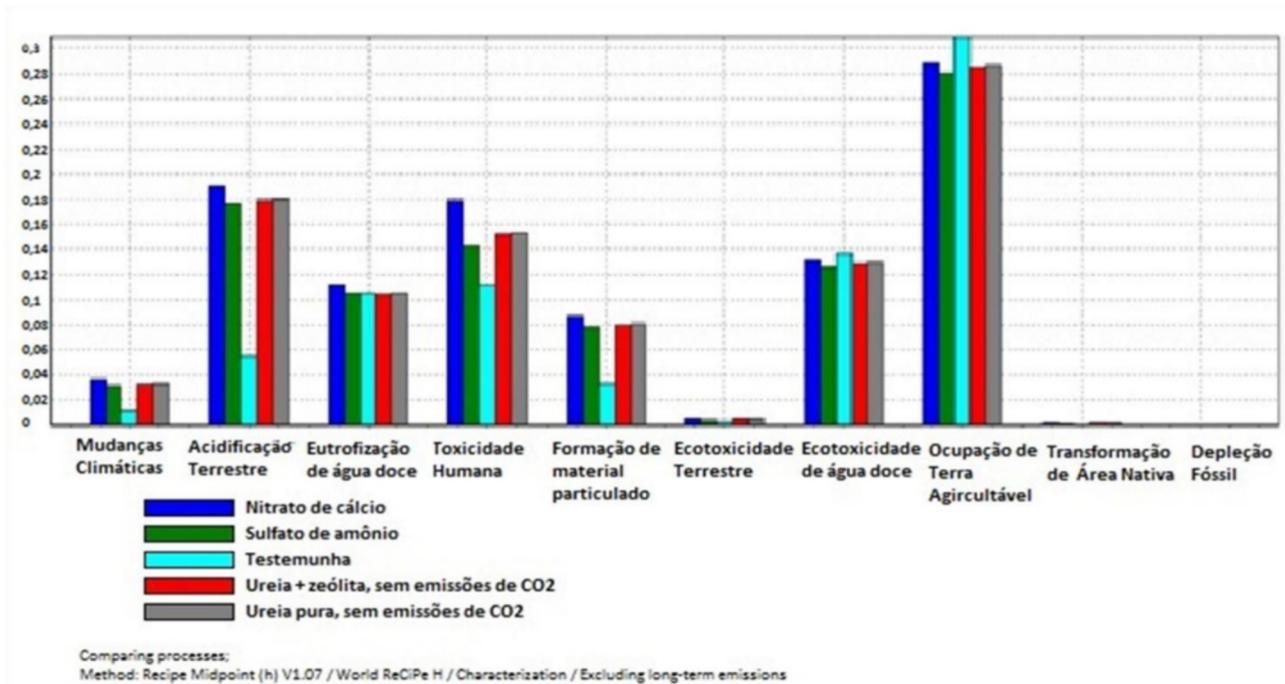


Figura 1. Resultados da avaliação de impactos do ciclo de vida, normalizados.

O impacto de Ocupação de Terra Agrícola diz respeito à mobilização deste recurso natural (terra) pela atividade agrícola e está inversamente relacionado com a produtividade agrícola: quanto maior a produtividade, que pode ser entendida como maior eficiência do uso da terra, menor o impacto. Neste caso, o cultivo sem adubação de cobertura (testemunha, cuja produtividade foi de $5,95 \text{ t ha}^{-1}$) teve o pior desempenho ambiental, enquanto o que recebeu sulfato de amônio (cuja produtividade foi de $6,56 \text{ ha}^{-1}$) teve o melhor desempenho.

A Ecotoxicidade de Água Doce também foi influenciada pela produtividade agrícola. Contribuíram para este impacto as emissões de compostos fosfatados para a água, ocorridas na etapa agrícola de produção e, com importância secundária, na etapa de produção de fertilizantes. Vale destacar que a quantidade aplicada de fertilizantes fosfatados foi a mesma para os diferentes tratamentos.

O impacto de Acidificação Terrestre foi muito influenciado pela aplicação adicional de fertilizantes nitrogenados, como cobertura, o que explicou o melhor desempenho da testemunha. Os maiores valores para este impacto foram observados para o tratamento com nitrato de cálcio. A substância que mais contribuiu para este impacto foi a amônia, emitida justamente em **consequência da aplicação dos fertilizantes nitrogenados de diferentes fontes.**

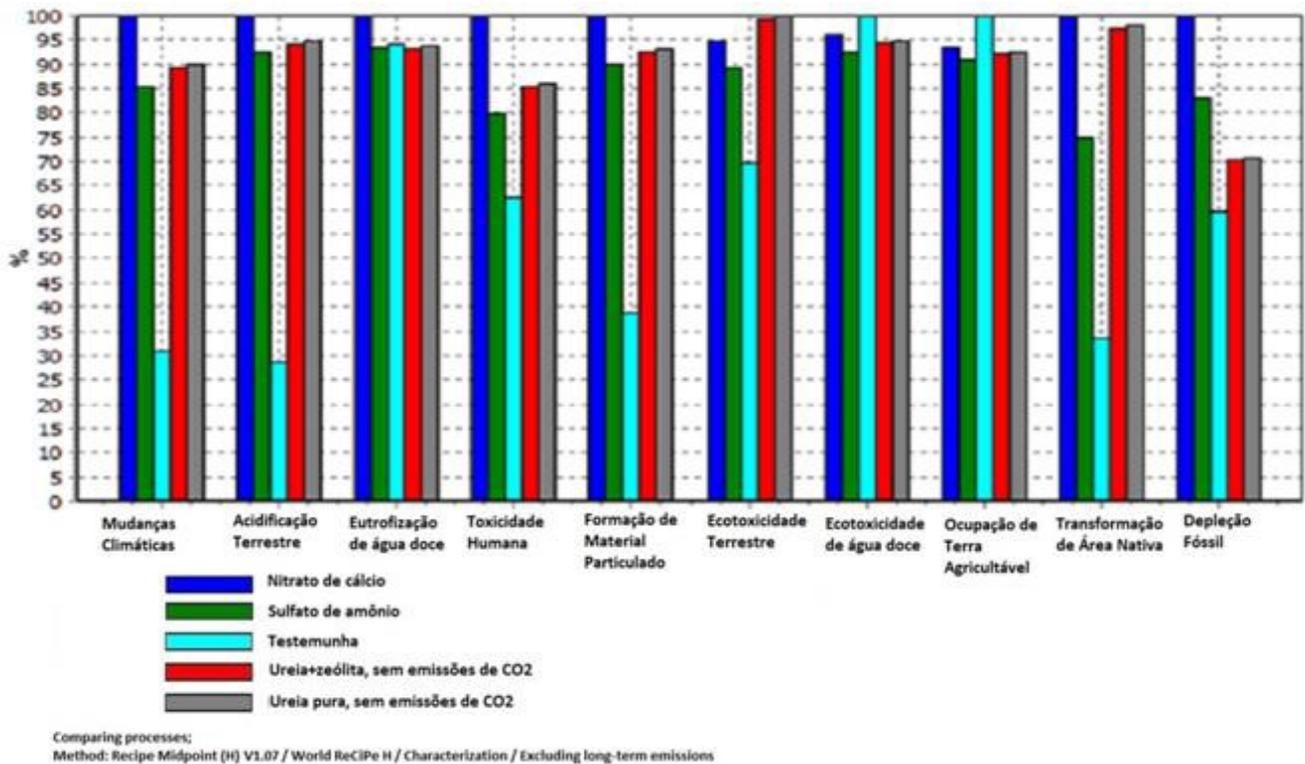


Figura 2. Resultados da avaliação de impactos do ciclo de vida, caracterizados.

Comportamento equivalente foi observado para as categorias de impacto ambiental Toxicidade Humana, Formação de Material Particulado e Mudanças Climáticas, para as quais a testemunha obteve valores de impacto ambiental inferiores e o tratamento com nitrato de cálcio, superiores.

A Toxicidade Humana foi influenciada principalmente pela emissão de metais pesados e fósforo, resultantes da produção de fertilizantes, mas também da sua aplicação à cultura do milho.

Neste modelo de Avaliação de Impactos (ReCiPe), as emissões de amônia, óxidos de nitrogênio e dióxido de enxofre (derivadas da produção e uso de fertilizantes) são contabilizadas juntamente com o material particulado, propriamente, na categoria Formação de Material Particulado. Novamente, isto explica porque a testemunha teve o melhor desempenho ambiental.

Já para as Mudanças Climáticas, os principais contribuintes foram as emissões de dióxido de carbono fóssil e óxido nitroso, derivadas da queima de combustíveis e da produção agrícola, respectivamente.

Por fim, a Eutrofização de Água Doce foi afetada principalmente pela emissão de compostos fosfatados para água e solo, derivada da produção de fertilizantes fosfatados e pesticidas.



VIII Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC2014 12 a 14 de agosto de 2014 – Campinas, São Paulo

A Figura 2 mostra o perfil ambiental da produção de milho empregando-se os diferentes fertilizantes nitrogenados, com os dados caracterizados. Por esta figura é possível notar que o uso de nitrato de cálcio como fertilizante de cobertura foi o mais impactante, tendo mostrado o pior desempenho ambiental em sete, de dez categorias de impacto analisadas.

Vale destacar aqui que os modelos adotados para a estimativa das emissões nitrogenadas são os recomendados pela literatura internacional e ainda carecem de ajustes às condições edafoclimáticas brasileiras. Ainda, uma validação com dados empíricos, de medições de emissões em campo, seria importante para a confirmação dos resultados.

4 CONCLUSÃO

A produtividade e a quantidade de fertilizante nitrogenado aportado ao sistema produtivo influenciaram o desempenho ambiental do milho cultivado sob diferentes fontes de nitrogênio.

O nitrato de cálcio foi o fertilizante de cobertura que apresentou o pior desempenho ambiental, sendo o mais impactante em sete, das dez categorias de impacto analisadas.

Vale destacar que os modelos adotados para a estimativa das emissões nitrogenadas ainda merecem adequações e validação para as condições edafoclimáticas brasileiras.

Serão gerados, posteriormente, os inventários das etapas de produção dos fertilizantes abrangendo todas as fases do ciclo de vida destes insumos.

5 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq e à Embrapa (Projeto Rede FertBrasil).

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR ISO 14044: Gestão ambiental - avaliação do ciclo de vida – requisitos e orientações**. Rio de Janeiro, 2009.

BENITES, V. M. **Tecnologias para o aumento de eficiência de fertilizantes e identificação de fontes alternativas de fertilizantes de nutrientes para a agricultura brasileira**. Projeto FertBrasil. Disponível em: <https://sistemas.sede.embrapa.br/ideare/pages/home/principal/principalframes.jsf>. Acesso em 04 jul. 2014.

IPCC – INTERGOVERNAMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. IPCC Fourth Assessment Report: the physical science basis. Genebra: IPCC, 2007. Disponível em: <http://www.ipcc.ch/ipccreports/ar4-wg1.htm>. Acesso em: 12 dez. 2013.

NEMECEK, T.; KÄGI, T. Life cycle inventories of agricultural production systems. Data v2.0 (2007). Zürich and Dubendorf: ART, 2007. 46 p. (Ecoinvent Report, 15).