



## **ANÁLISE DOS IMPACTOS DO CULTIVO DO MILHO POR MEIO DA ANÁLISE DO CICLO DE VIDA (ACV)**

**Nahaden Hanacleto<sup>1</sup>, Gabrieli Araldi de Carvalho<sup>1</sup>, Bianca Araujo Herrera Silva<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Universidade Estadual de Maringá (UEM)

[nahaden.hanacleto@gmail.com](mailto:nahaden.hanacleto@gmail.com); [gabrieliaraldi@hotmail.com](mailto:gabrieliaraldi@hotmail.com); [herrerabianca.a@gmail.com](mailto:herrerabianca.a@gmail.com)

**Resumo:** O presente artigo, por meio do software SimaPro e da Análise do Ciclo de Vida, buscou analisar, a partir do banco de dados do sistema em questão, os impactos gerados pelo plantio do milho em fazendas dos Estados Unidos. O método escolhido para obtenção dos gráficos foi o Eco-Indicator 99 (E), criado por holandeses, bastante utilizado para análise de processos agrícolas e que se concentra nos impactos finais que uma cadeia produtiva apresenta (técnica denominada *endpoint*). Deste modo foi possível determinar os componentes de maior impacto na cultura do milho e onde estes estão localizados, isto é, em que produtos ou processos inseridos no plantio do milho é possível encontrá-los. Assim, determinou-se que os fatores de maior impacto foram a aragem do solo para plantio do grão, grande utilização de fertilizantes, a presença de óxidos nitrosos e a emissão de gases do efeito estufa.

**Palavras-Chave:** Análise do Ciclo de Vida; SimaPro; Impactos; Milho.

### **1. Introdução**

A crescente produção de grãos, tanto como insumo para alimentar animais, quanto para consumo nacional ou exportação e a necessidade de garantir vantagem competitiva no mercado atual vem instigando empresas a buscarem alternativas que minimizem os impactos ambientais do plantio e processamento destes visando obter a certificação de um sistema de gestão ambiental (SGA) (norma ISO 14001).

Neste sentido, a técnica de Gestão Ambiental Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) se mostra uma ferramenta bastante poderosa para a avaliação e mensuração dos potenciais impactos ambientais de sistemas produtivos, sendo a agricultura uma área de grande aplicabilidade da ACV, tendo em vista os impactos que uso de agrotóxicos apresenta ao ambiente.



Listado como um dos grãos mais produzidos no Brasil, o milho é, majoritariamente, utilizado para alimentação animal e, em algumas regiões, como o nordeste, caracteriza-se por ser um produto consumido diariamente (EMBRAPA). Cultivado principalmente nas regiões sul, sudeste e centro-oeste, o milho é transformado em óleo, farinha, amido, margarina, xarope de glicose e flocos para cereais matinais. Além disso, o Brasil situa-se como o terceiro maior produtor mundial de milho, produzindo em 2009/2010 cerca de 53,2 milhões de toneladas do grão. Ainda segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, verificou-se o crescimento na produção mundial do milho, ultrapassando a produção de trigo, acontecimento que provavelmente está relacionado com a versatilidade do milho (maior abrangência) em contraposição ao trigo (basicamente destinado ao consumo humano). Na Figura 1 está representado o crescimento da produção de trigo e milho no mundo.

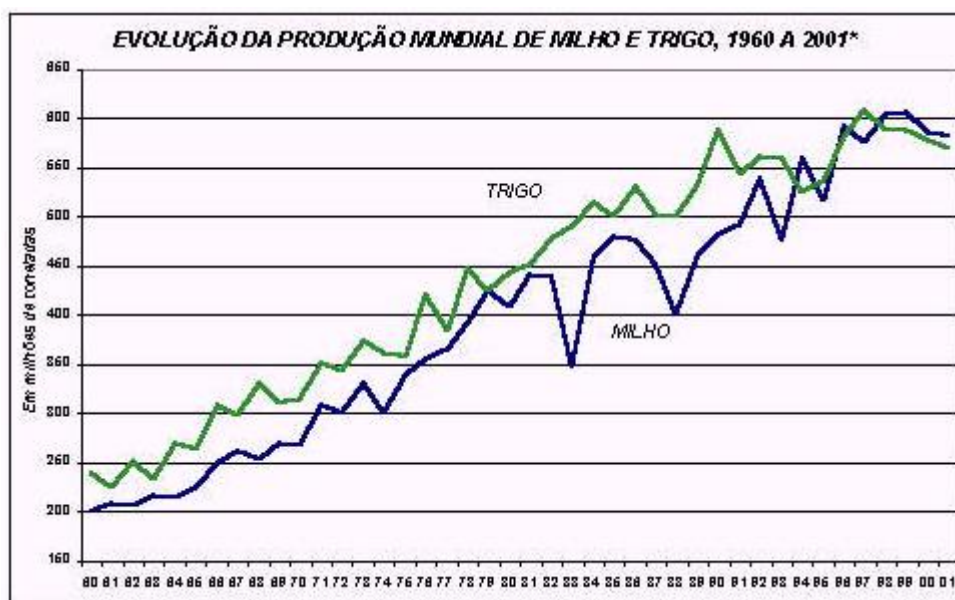


Figura 1: Evolução da produção mundial de milho e trigo, entre os anos de 1960 e 2001

Fonte: USDA

No entanto, como toda evolução, este processo de crescimento e desenvolvimento agrário do grão é acompanhado fortemente pelos impactos ambientais que a produção do mesmo é capaz de causar ao meio onde é semeado.

Visando avaliar os impactos causados pelo cultivo do milho em uma fazenda no interior do Paraná, este artigo busca, por meio da análise do ciclo de vida, determinar quais são os fatores mais agressores advindos da produção do grão.

## 2. Avaliação do Ciclo de Vida



Com o passar dos anos, o homem evoluiu em grandes proporções expandindo seu conhecimento em diversos aspectos, principalmente no quesito tecnológico. Como consequência desse progresso, as interações homem-ambiente se tornaram mais frequentes, o que fez com que o ecossistema sofresse com a exploração desenfreada de seus recursos naturais e com o uso inconsciente dos mesmos. Por isso, faz-se necessário adotar metodologias e ferramentas que auxiliem os indivíduos a tomarem decisões dentro e fora das organizações, que respeitem as limitações do ambiente e prezem pela preservação do mesmo, e que, além disso, possam contribuir para a redução da quantidade de recursos utilizados. Em 1944, na Austrália, foi desenvolvido um estudo que constatou que 84,6% das pessoas entrevistadas defendiam a responsabilidade e o dever de todos de cuidar do meio ambiente, e, ainda, 80% afirmaram ter mudado sua conduta em prol da sustentabilidade (POLONSKY, 1994).

A Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) conforme a NBR 14.040, 2014 é a compilação e avaliação das entradas, das saídas e dos impactos ambientais potenciais de um sistema de produção ao longo de seu ciclo de vida. Por isso, a ACV tornou-se uma ferramenta metodológica de grande eficácia. Em decorrência de sua funcionalidade, tal metodologia tem apresentado a sociedade uma nova forma de observar, identificar e auxiliar as tomadas de decisão, afim de reduzir os danos causados ao ecossistema e, conseqüentemente, conter os desastres ambientais causados pelo desequilíbrio entre exploração e manutenção do ambiente.

A Figura 2 mostra como ocorre a Avaliação do Ciclo de Vida de um determinado produto ou processo e quais são as fases englobadas na análise. Porém, é importante ressaltar que o presente estudo será realizado na etapa definida como extração de recursos, e isso se deve ao fato de que o conteúdo abordado adiante trata-se do cultivo de grãos de milho na região noroeste do estado do Paraná.



Figura 2: Ciclo representativo da Análise do Ciclo de Vida

Fonte: KAKAZU, 2015

O dispositivo utilizado para identificar as principais causas da degradação do meio ambiente durante a etapa de cultivo dos grãos de milho foi o software SimaPro. Este programa é responsável por gerar os gráficos referentes as substâncias que agredem diretamente o ambiente no processo do cultivo dos grãos. A análise e interpretação destes gráficos possibilita que os observadores identifiquem quais são os impactos causados pelo processo e quais são os fatores responsáveis pelo impacto causado. Desta forma, torna-se possível encontrar uma solução para o entrave identificado de forma clara e ágil.

O SimaPro permite avaliar os produtos e seus sistemas por meio da perspectiva do seu ciclo de vida e, em razão disso, é possível efetuar cálculos com os dados contidos na plataforma ou adicionais a ela. Como resultado, é possível identificar, numericamente, os impactos que causam ou serão causados na produção de um novo bem de consumo (LASSIO, 2015).

A ferramenta de Avaliação do Ciclo de Vida mencionará, de forma clara e pontual, os principais contribuintes para que a poluição do ar, degradação ambiental e o desequilíbrio no ecossistema estejam aumentando gradativamente com o passar dos anos e, assim, apresentará a relevância da ferramenta para avaliar quais são os malefícios ambientais causados por agentes químicos ou físicos que estão presentes na agricultura a nível nacional e global.



### **3. Periculosidade ambiental dos pesticidas no Brasil**

O Brasil é um país caracterizado pela forte produção de produtos alimentícios, ou seja, por ser destaque na indústria de base. Em decorrência disso, tornou-se necessária a contínua utilização de agrotóxicos de diferentes tipos e para diferentes finalidades. Seu uso exacerbado exigiu a criação de leis e regulamentações que limitassem sua utilização na agricultura.

Segundo a lei nº 7.802/89 - Art. 2º, os agrotóxicos são os produtos e agentes de processos físicos, químicos ou biológicos, destinados ao uso nos setores de produção, armazenamento, e na proteção de florestas, nativas ou implantadas, e de outros ecossistemas. Além disso, eles também são utilizados em ambientes urbanos, hídricos e industriais, com a finalidade de alterar a composição da flora e da fauna, visando preservá-las da ação danosa de seres vivos considerados nocivos. Os agrotóxicos também são amplamente inseridos em substâncias ou produtos que podem ser empregados como desfolhantes, dessecantes, estimuladores e inibidores de crescimento.

Devido a sua composição, os agrotóxicos são grandes agentes de modificação da região em que são aplicados e do alimento que é atingido por eles. Por serem considerados substâncias tóxicas, ácidas e perigosas a saúde humana e a sobrevivência do ambiente, eles devem ser utilizados moderadamente. Portanto, é importante reduzir a quantidade utilizada e regularizar sua aplicação nas lavouras para que haja uma diminuição significativa dos problemas causados ao ecossistema.

Diante da gravidade e da complexidade dos problemas socioambientais presentes na agricultura, o presente artigo irá listar, com o auxílio da Avaliação do Ciclo de Vida realizada no software SimaPro, os maiores entraves causados ao ambiente durante o plantio do milho, e de que forma os agrotóxicos estão relacionados a eles.

### **4. Metodologia**

O presente estudo esteve guiado pelos conceitos de Análise do Ciclo de Vida e apresentou as seguintes etapas:

- Escolha do produto a ser analisado por meio do software SimaPro;
- Utilização do inventário contido no software;
- Geração dos gráficos do ciclo de vida do plantio do milho;
- Análise dos gráficos e dos impactos apresentados;



- Avaliação e seleção dos maiores impactos observados.

Por fim, foram abordadas as causas dos maiores problemas relacionados ao cultivo do milho.

## **5. Estudo de caso**

No processo de plantio do milho, várias categorias são geradas e podem ser analisadas pelo software SimaPro. O processo escolhido foi *Corn, at farm, U/S (U)*, e a base de dados utilizada para geração dos gráficos e posterior análise foi aquela já apresentada no banco de dados do software. No entanto, muitas das categorias apresentadas não influenciam direta e profundamente o cultivo do grão, sendo então várias delas descartadas para que a análise a ser realizada pudesse ser mais detalhada e relacionada ao processo que busca ser abordado neste trabalho. Assim, as categorias a serem analisadas neste estudo são as que mais impactam a plantação de milho a curto e médio prazo.

Para análise do ciclo de vida do processo em questão o método escolhido foi o Eco-Indicator 99 (E), um método mais clássico, bastante reconhecido no meio acadêmico e que busca modelar a cadeia de impacto até seus pontos finais (E = *endpoint*). Este contempla etapas opcionais de AICV (normalização, ponderação e agregação), sendo que para a etapa de normalização são empregados valores de referência baseados no inventário total de massa e energia da Europa Ocidental por ano por pessoa, utilizando o ano de 1993 como base e uma população de 495 milhões de pessoas (GOEDKOOOP; SPRIENSMA, 2001; SOUSA, 2008). A avaliação a ser feita por tal método utiliza três abordagens distintas (GOEDKOOOP; SPRIENSMA, 2001):

- Igualitária: perspectiva à longo prazo, sendo qualquer comprovação científica suficiente para contemplar um modelo de caracterização;
- Individualista: perspectiva à curto prazo, em que somente efeitos provados sustentam a inserção de modelos de caracterização;
- Hierárquica: a inclusão de efeitos foi realizada por meio de consenso entre especialistas. É sugerida como padrão pelos seus autores.

Além do método citado, as bases de dados do software aplicadas neste estudo fundamentam-se nos seguintes padrões: 1 quilograma de material, tipo de estudo: caracterização, impactos a curto e médio prazo.

Assim, a partir da geração do primeiro gráfico relacionado ao plantio do milho, as categorias de maior impacto observadas e que serão posteriormente analisadas



são: acidificação/eutrofização (categoria 1), uso da terra (categoria 2) e mudança climática (categoria 3). As outras categorias geradas foram ecotoxicidade, minerais e combustíveis fósseis, porém estas não serão analisadas a fundo, já que o plantio do milho não apresenta impacto considerável nas mesmas.

### 5.1 Acidificação/Eutrofização – Primeira categoria

Processos de acidificação e eutrofização do solo estão diretamente relacionados à presença de compostos de nitrogênio, como: amônia, óxidos de nitrogênio (nitrato, nitrito, etc.), estando a presença destes em plantações de milho ligada à utilização de fertilizantes para crescimento e desenvolvimento da cultura. A Figura 3 apresenta as substâncias mais influentes na acidificação e eutrofização de solos quanto ao plantio do milho.

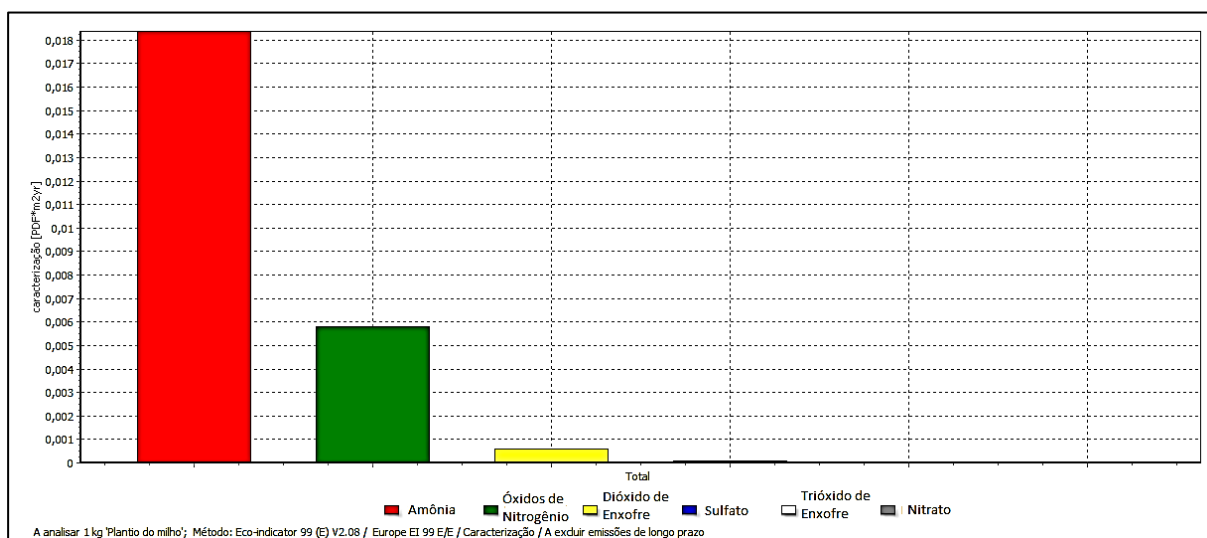


Figura 3: Gráfico das substâncias que causam a acidificação e eutrofização de solos por meio do cultivo do milho

Fonte: SimaPro

Por meio de pesquisas realizadas por profissionais da área agrícola brasileira e estudantes do setor, é possível observar grande aplicação de amônia no plantio do milho, sendo esta uma área bastante explorada, na qual o Brasil ocupa o 2º lugar em produção mundial. Por meio do desdobramento deste tema, constatou-se que os grãos de milho necessitam demasiadamente de uma quantidade de nitrogênio suficiente para que sua fertilidade esteja assegurada. Neste caso, a amônia figura como supridora da demanda de nitrogênio necessária e por isso é utilizada em larga escala, principalmente nos fertilizantes utilizados na cultura do grão.

Os óxidos de nitrogênio, em geral, seguidos da amônia, são o que mais impactam o solo durante o cultivo do milho, pois sua cultura remove grandes



quantidades de nitrogênio e requer o uso de adubação nitrogenada para suprir as exigências do solo. Segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2006), sistemas de cultivo de milho, quando submetidos à adubação nitrogenada, apresentam uma taxa de absorção positiva variando entre 70 e 90%. Esse dado justifica a necessidade de utilizar fertilizantes para boa conservação do plantio e do solo.

Assim, pode-se verificar por meio da Figura 3 que os maiores impactos das plantações de milho com relação à acidificação e eutrofização de solos deve-se ao uso de compostos utilizando nitrogênio.

## 5.2 Uso da terra – Segunda categoria

Esta categoria apresenta outro fator contribuinte para a degradação do ambiente. A Figura 4 representa quais atividades geram maior impacto no uso da terra com relação ao plantio de milho.

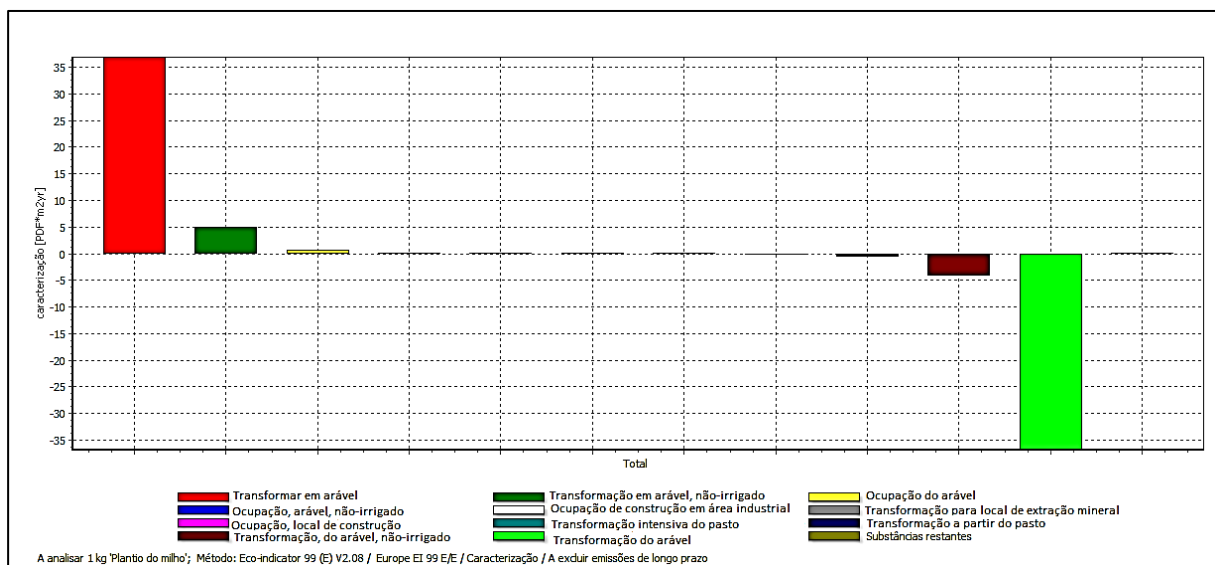


Figura 4: Gráfico das práticas que mais geram impacto no uso da terra por meio do cultivo do milho

Fonte: SimaPro

As práticas mais prejudiciais a serem observadas a partir da Figura 4 foram a transformação da terra em terra arada e a transformação da terra em terra arada sem o uso de água. Mediante o resultado obtido com a aplicação e utilização das formas de preparação da terra comumente difundidas, e também por meio de pesquisas na área, constatou-se que o uso da terra se dá da forma agressiva durante seu processo de preparação, pois é por meio da aeração do solo que a fertilidade necessária irá ser obtida para que os grãos se desenvolvam e assim, a produção atinja a demanda de mercado necessária.





A aeração da terra inclui o processo de arar a terra, isto é, revolvê-la de modo a descompactá-la e viabilizar um melhor e maior desenvolvimento das raízes das plantas. No entanto, esta atividade contribui para a degradação do solo da região de plantio, pois muitas vezes observa-se a excessiva perda de umidade e extinção da microfauna biológica que ajuda a decomposição e o aproveitamento dos nutrientes. A técnica de aragem é definida pela tarefa de preparar o solo para que haja o desenvolvimento das sementes, mas além de apenas revirá-la, deve-se lavrá-la, ou seja, o objetivo é descompactar a terra para facilitar o desenvolvimento das sementes e garantir que o subsolo esteja exposto ao sol, para que a temperatura do interior aumente fazendo com que isto também contribua para o desenvolvimento da semente.

Outra desvantagem é que a lavoura com arado também facilita a erosão, o que pode ser um grande problema em regiões de chuvas intensas. Por isso, a prática agrícola moderna preconiza uma mínima movimentação do solo, a utilização do chamado plantio direto, onde apenas uma estreita faixa é revolvida, mantendo-se a cobertura de restos culturais sobre o terreno (EMBRAPA, 2001).

Outro ponto de menor impacto, mas não desconsiderável, representado na Figura 4 em verde é a busca pela aeração do solo sem irrigá-lo, para que o custo do plantio não seja tão elevado devido à quantidade de água economizada, garantindo maior rentabilidade financeira ao processo. Por isso, o solo mais uma vez é impactado de forma negativa, e agora trata-se da característica obtida, pois ele irá se tornar seco e sofrerá aridez progressiva ao longo do tempo, principalmente quando se tem uma região muito explorada e pouco irrigada, fazendo com que a região se torne pobre e extremamente seca.

### **5.3 Mudanças climáticas – Terceira categoria**

As culturas agrícolas são, concomitantemente, geradoras e vítimas das mudanças climáticas, pois executam atividades inteiramente ligadas a impactos no clima e, ao mesmo tempo, sofrem com as mudanças geradas. Na Figura 5 estão representadas as substâncias mais impactantes ao fator mudança climática, utilizadas e/ou geradas pelo cultivo do milho.

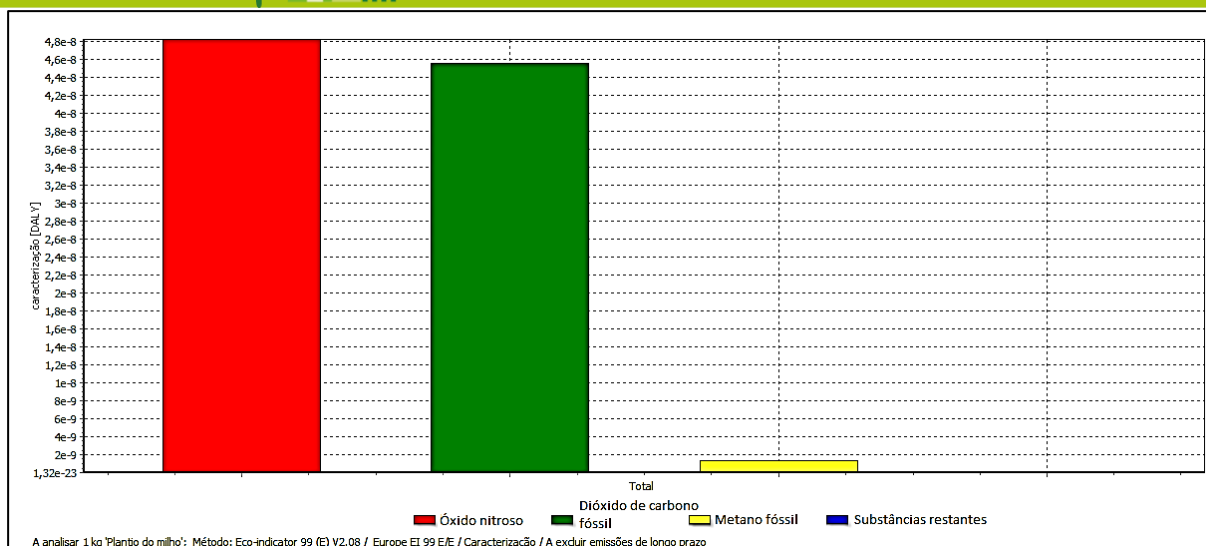


Figura 5: Gráfico das substâncias mais impactantes em mudanças climáticas por meio do cultivo do milho

Fonte: SimaPro

As substâncias presentes em grandes quantidades na plantação do milho e apresentadas na Figura 4 são responsáveis pelo aumento na temperatura média da Terra, o qual é parcialmente causado pela agricultura, através da emissão de gases característicos do setor, como o óxido nitroso ( $N_2O$ ) e o dióxido de carbono ( $CO_2$ ).

O nitrogênio é uma substância muito utilizada nas culturas do milho, fazendo com que o solo fique deficiente em relação a esse mineral. Para suprir a ausência desse nutriente no solo, são utilizados fertilizantes a base de óxidos nitrosos.

A mudança climática e o dióxido de carbono estão relacionados à cultura do milho porque o grão depende de raios solares para realizar processo fotossintético e aproveitar seu potencial ao máximo. Ligado a isto, sabe-se que grande parte da matéria seca do milho, aproximadamente 90%, advém da fixação de  $CO_2$  pela fotossíntese, por isto o dióxido de carbono e mudanças climáticas estão inter-relacionados. Outra observação é a de que o maior problema, no entanto, está nas emissões de gás carbônico promovidas pelo uso da terra e pela conversão de florestas em terras agrícolas. Estima-se que estas atividades representem entre 17 e 32% de todas as emissões de gases estufa. A queima ou o apodrecimento das florestas libera no ar o carbono que estava armazenado nos troncos, folhas, raízes e solo. Quando essas emissões são creditadas na conta da agricultura, o setor agrícola se responsabiliza por uma parcela entre 8,5 bilhões e 16,5 bilhões de toneladas de gás carbônico-equivalente, segundo cálculos de Pete Smith, da Universidade de Aberdeen



(Reino Unido) e autor do capítulo de agricultura do relatório do IPCC (Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (AGRITEMPO, 2008).

## 6. Considerações finais

O trabalho apresentado fundamentou-se na Avaliação do Ciclo de Vida e teve como objetivo analisar as categorias de maior impacto ao ambiente relacionadas ao cultivo do milho. Para isto, foram gerados e observados gráficos por meio do software SimaPro e do banco de dados já contido nele. Com o estudo foi possível observar que as principais categorias de impacto foram: Acidificação/Eutrofização, Uso da terra e Mudanças climáticas. Dentro de cada uma delas observou-se quais são as substâncias ou atividades de maior impacto e, a partir de pesquisas qualitativas acerca destas, foi possível concluir que a cultura do milho exige grande quantidade de nutrientes, o que torna necessária a reposição dos mesmos ao solo por meio de fertilizantes, fator intimamente ligado à acidificação e eutrofização de solos. Além disso, a cultura exige também práticas de aragem da terra, com ou sem irrigação, atividade intrinsecamente relacionada à exploração da terra e geração de impactos ambientais sobre a mesma. Com relação às mudanças climáticas, a emissão de gases do efeito estufa (CO<sub>2</sub>) e a presença de óxidos nitrosos em fertilizantes são grandes causadoras da elevação da temperatura média do planeta.

## 7. Referências

**AGEITEC – AGÊNCIA EMBRAPA DE INFORMAÇÃO TECNOLÓGICA.** Árvore do conhecimento: milho. Brasília. Disponível em: <[http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONTAG01\\_8\\_168200511157.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONTAG01_8_168200511157.html)>. Acesso em: 6 de ago. 2016.

**AGRITEMPO.** Aquecimento global e a produção agrícola do Brasil. 2008. Disponível em: <<https://www.agritempo.gov.br/climaeagricultura/causa-e-efeito.html>>. Acesso em: 6 de ago. 2016.

**ALVARENGA, R.; RENOFIO, A.; ARAUJO, A.** Avaliação da periculosidade ambiental da produção agrícola de milho por meio de um estudo qualitativo de avaliação do ciclo de vida (ACV): Um estudo de caso. 2013. Disponível em: <[http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2013\\_TN\\_STO\\_177\\_007\\_23355.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2013_TN_STO_177_007_23355.pdf)>. Acesso em 08 de ago. de 2016.

**EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA.** Nutrição e Adubação do milho. Minas Gerais. Dezembro, 2006. Disponível em: <[http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/publica/2006/circular/Circ\\_78.pdf](http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/publica/2006/circular/Circ_78.pdf)>. Acesso em: 6 de ago. 2016.

**FITOTECNIA.** Sistema de preparo do solo para o cultivo do milho safrinha. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/brag/v60n2/a03v60n2.pdf>>. Acesso em: 6 de ago. de 2016.

**GOEDKOOP, M.; SPRIENSMA, R.** The Eco-indicator 99 - A damage oriented method for Life Cycle Impact Assessment: Methodology Report. Amersfoort, Holanda: PRé Consultants, 2001. 132 p.



**GUIMARÃES, C.; VIANA, L.; COSTA, P. H.** Os desafios da consciência ambiental: o marketing verde em questão. Disponível em: <[http://www.uesc.br/revistas/calea/edicoes/rev4\\_artigo7.pdf](http://www.uesc.br/revistas/calea/edicoes/rev4_artigo7.pdf)>. Acesso em 06 ago. de 2016.

**LASSIO, J.** Aplicação do programa Simapro na avaliação dos ciclos de vida dos materiais na construção civil: estudo de caso para um conjunto habitacional. 2015. Disponível em: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10008145.pdf>>. Acesso em: 06 de ago. de 2016.

**MINISTÉRIO DA AGRICULTURA.** Milho. Brasília. Disponível em <<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/milho>>. Acesso em: 6 de ago. 2016.

**REBELO, R. et al.** Produtos agrotóxicos e afins comercializados em 2009 no Brasil - Uma abordagem ambiental. 2009. Disponível em: <[http://www.ibama.gov.br/phocadownload/Qualidade\\_Ambiental/produtos\\_agrotoxicos\\_comercializados\\_brasil\\_2009.pdf](http://www.ibama.gov.br/phocadownload/Qualidade_Ambiental/produtos_agrotoxicos_comercializados_brasil_2009.pdf)>. Acesso em 08 de ago. 2016.

**SANTOS, A. P.; FERNANDES, D.** Análise do impacto ambiental gerados no ciclo de vida de um tecido de malha. Disponível em: <<http://incubadora.periodicos.ufsc.br/index.php/IJIE/article/viewFile/1483/pdf>>. Acesso em 06 de ago. de 2016.

**SOUSA, S. R.** Normalização de Critérios Ambientais Aplicados à Avaliação do Ciclo de Vida. 73 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis - SC, 2008.