

Universidade de Santa Cruz do Sul- UNISC
Programa de Pós-graduação em Tecnologia Ambiental
Mestrado e Doutorado
Área de Concentração em Gestão e Tecnologia Ambiental

Ricardo Luiz Boettcher

Pegada de carbono e impactos ambientais da produção agrícola e processamento de tabaco (*Nicotiana tabacum*) na Região Sul do Brasil

Santa Cruz do Sul

2018

Ricardo Luiz Boettcher

Pegada de carbono e impactos ambientais da produção agrícola e processamento de tabaco (*Nicotiana tabacum*) na Região Sul do Brasil

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental – Mestrado e Doutorado, área de concentração em Gestão e Tecnologia Ambiental, Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Tecnologia Ambiental.

Orientador: Prof. Diosnel A. Rodriguez López

Santa Cruz do Sul

2018

Folha da Aprovação

Ricardo Luiz Boettcher

Pegada de carbono e impactos ambientais da produção agrícola e processamento de tabaco (*Nicotiana tabacum*) na Região Sul do Brasil

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Tecnologia Ambiental- Mestrado e Doutorado, área de concentração em Gestão e Tecnologia Ambiental, Universidade de Santa Cruz do Sul- UNISC, como requisito parcial para a obtenção do título de mestre em Tecnologia Ambiental.

Dr. Diosnel A. Rodrigues López
Professor orientador- UNISC

Dr. Ênio Leandro Machado
Professor examinador- UNISC

Dr. Carlos Tillmann
Professor examinador- UFPel

Santa Cruz do Sul
2018

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha esposa e filha pelo incentivo e apoio recebidos; a coordenação, professores e colegas do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental-Mestrado, pelos ensinamentos e pela amizade ao longo do curso. Agradeço em especial ao professor orientador Dr. Diosnel A. Rodrigues López pelo grande conhecimento compartilhado, incansável apoio, encorajamento e grande senso de humor. Também meu agradecimento a doutoranda Ana Zappe, pelas contribuições oferecidas e pelo conhecimento compartilhado. E finalmente um agradecimento especial a toda a turma de mestrado 2016, pelo companheirismos e amizade.

RESUMO

O presente estudo busca apresentar os resultados de uma análise de impacto ambiental ampla, utilizando indicadores ambientais relacionados ao setor agroindustriais no sul do Brasil. O produto agrícola alvo do estudo é o tabaco (*Nicotiana tabacum L.*), carro chefe da economia regional, com histórica inserção na matriz econômica e produtiva, gerador de benefício e renda para mais de 600.000 pequenos produtores rurais nos três estados sulistas (RS, SC e PR). Enquanto dados econômicos e agrônômicos relacionados ao tabaco estão disponíveis no Brasil e em vários outros países produtores, a questão ambiental relacionada a produção agrícola e o beneficiamento industrial da matéria prima não foram abordados consistentemente. O escopo do estudo considerou todos os processos do ciclo de vida do tabaco desde a sua etapa produtiva agrícola inicial até o término do beneficiamento industrial da matéria prima, sendo o mesmo definido como do berço ao portão (*cradle to gate*). A clara definição do escopo na avaliação ambiental foi importante para mensurar impactos ambientais potenciais e na identificação de *hot spots* ambientais. Também serviu para guiar os esforços do setor produtivo na melhora da performance ambiental dos dois principais tipos de tabacos brasileiros-Virgínia (VA) e Burley (BU). Foram levados em consideração a realidade produtiva das pequenas propriedades agrícolas, consumo de substancial volume de biomassa florestal na cura & secagem, uso de fertilizantes e defensivos agrícolas, a logística de assistência técnica aos produtores, transporte da matéria prima e beneficiamento industrial em moderna unidade processadora. O trabalho comparou os dois tipos de tabaco e seus impactos ambientais mensurados. A) tabaco VA, fertilização balanceada, colheita em folhas e curado e seco em estufas, com temperatura e umidade controlados. Tabaco BU: recebe maior dosagem de fertilizantes, colheita em corte de plantas e cura e secagem em galpões, com temperatura e umidade ambiente. Os impactos destes dois tipos de tabaco foram relacionados através dos seguintes estágios de produção: produção de mudas (canteiros), lavoura (tratos culturais), cura & secagem e beneficiamento industrial (processamento). Para analisar os dados relativos à produção agrícola, foi estabelecida parceria com uma empresa fumageira, para a obtenção do banco de dados necessários ao estudo. Planilha de dados foram

elaboradas e coletadas informações de 14.409 produtores rurais e de uma unidade industrial localizada no vale do Rio Pardo- RS, que serviram de base para a elaboração do inventário do ciclo de vida. Neste contexto o estudo utilizou a ferramenta da análise do ciclo de vida (ACV) na determinação de cinco categorias de impactos ambientais para cada tipo de tabaco: i) pegada de carbono, ii) potencial de acidificação terrestre (PAT), iii) potencial de toxicidade humana (PTH), iv) potencial de eutrofização aquática (PUA), v) potencial de depleção de água (PDA). O estudo foi desenvolvido em linha com as normas ISO 14040 e ISO 14044, através do software Umberto NXT LCA 7.13, e do banco de dados *Ecoinvent* 3.2. Os impactos ambientais foram avaliados pelo método *ReCiPe midpoint*, com exceção da pegada de carbono, que utilizou o método IPCC 2013. Os resultados dos impactos ambientais foram ajustados para a unidade funcional de uma tonelada de tabaco beneficiado. Um estudo diagnóstico foi desenvolvido que analisou o consumo de biomassa na cura e secagem e o inventário reflorestamento nas regiões produtoras, possibilitando assumir que o inventário florestal estimado nos fumicultores atende a critérios de autossuficiência energética nas regiões de produtoras. A análise resultante dos impactos ambientais alcançados entre os dois tipos de tabacos trouxe a luz a diferenciação nos resultados alcançados em cada categoria de impacto e revelou as duas principais etapas produtivas que mais contribuíram para os resultados alcançados: (i) a queima de biomassa florestal no Tabaco VA, e (ii) nas maiores dosagens de fertilizante nitrogenado no tabaco BU. Para o tabaco VA, a combustão de biomassa florestal foi determinante nos resultados da pegada de carbono, acidificação terrestre e toxicidade humana. A pegada de carbono do tabaco VA foi 35,5% maior que o BU, sendo 2.205,38 kg CO₂-eq e 1.623,34 kg CO₂-eq respectivamente. O potencial de acidificação terrestre no tabaco VA foi 28,8% maior que o BU, com resultados de 13,27 kg SO₂-eq e 10,32kg SO₂-eq. O potencial de toxicidade humana no tabaco VA alcançou índice de 617% superior ao tabaco BU, com 2.198,34 kg 1,4 DCB-eq no primeiro e 306,45 kg 1,4 DCB-eq no segundo. Estas três categorias de impactos foram diretamente impactadas, mas não exclusivamente, devido a combustão da biomassa florestal nas estufas e fornalhas industriais associadas as emissões de GEE, material particulado, metais pesados e outros compostos. Para o tabaco BU, uso de maiores dosagens de fertilizantes e o processo de manufatura dos fertilizantes foram determinantes, mas não exclusivas, nos

resultados no potencial de eutrofização aquática e potencial de depleção de água. O potencial de eutrofização aquática no tabaco BU foi 14,5% maior que o VA, sendo de 18,51 kg P -eq e 16,17kg P-eq respectivamente. O potencial de depleção de água no tabaco BU foi 61,4% maior que o VA, sendo de 36,04 m³ e o 22,33 m³ respectivamente, associados ao arraste de P e N das lavouras para os corpos hídricos e o processo de manufatura de fertilizantes. A análise dos impactos ambientais resultantes possibilitou a identificação de sete atividades com elevado potencial de impacto ambiental, ou *hot spots* ambientais. Medidas mitigadoras dos impactos ambientais foram propostas, oferecendo maior assertividade nas eventuais intervenções na melhora da performance ambiental. Pela análise conjunta dos resultados, a conclusão é de que as melhores opções para a melhora da performance ambiental do sistema brasileiro seria prover modificações relacionadas ao processo de manufatura de fertilizantes, através do decréscimo de consumo de energia através da sua melhoria energética ou substituição do consumo de combustíveis fósseis por fontes de energia renováveis, substituição de tipos de formulações e eventuais ajustes de dosagem. O outro fator é na melhoria da combustão da biomassa florestal nas fornalhas, melhorando a eficiências energética e reduzindo a combustão incompleta. A expansão de áreas com cultivo mínimo e plantio direto também podem contribuir para a melhorada performance ambiental. A interação com a empresa local e a elaboração do inventário do ciclo de vida robusto possibilitou a determinação de uma avaliação do ciclo de vida representativo do setor fumageiros no sul do Brasil. O estudo atendeu aos objetivos gerais e específicos propostos e teve como mérito apresentar de forma inovadora a realização de um compreensivo estudo ambiental utilizando a ferramenta de Avaliação de Ciclo de Vida e preencher uma lacuna nas avaliações ambientais deste importante cultura agrícola para a economia e o meio ambiente da região. O estudo também possibilitou o avanço da base de conhecimento da avaliação ambiental do tabaco, podendo servir de linha de base de monitoramentos da performance ambientais e referência para futuros estudos correlacionados.

Palavras chaves: tabaco, *Nicotiana tabacum*, ACV, pegada de carbono, impactos ambientais, Brasil

ABSTRACT

The present study aims to present the results of a broad environmental impact analysis using environmental indicators related to the agro industrial sector in southern Brazil. The agricultural product targeted by the study is tobacco (*Nicotiana tabacum L.*), the flagship of the regional economy, with a historical insertion in the economic and productive matrix of the region, generating profit and income for more than 600,000 small farmers in three states (RS, SC and PR). While tobacco-related economic and agronomic data available in Brazil and in several other producing countries, the environmental issue related to agricultural production and the industrial processing of the raw material were not consistently addressed. The scope of the study considered all the processes of the tobacco life cycle from its initial agricultural productive stage to the end of the industrial processing of the raw material, being defined as cradle to gate. The clear definition of the scope in the environmental assessment was important to measure potential environmental impacts and the identification of environmental hot spots. It also served to guide the efforts of the productive sector in improving the environmental performance of the two main types of Brazilian tobaccos – Flue Cured (FC) and Burley (BU). Consideration was given to the productive reality of small farms, consumption of a substantial amount of forest biomass in curing, use of fertilizers and pesticides, extensive logistics for technical assistance to producers, transport of raw material and industrial processing in a modern processing plant. The study compared two types of tobacco and measured its environmental impacts. i) FC tobacco, balanced fertilization, leaf harvest and cured in curing barns, with controlled temperature and humidity. Tobacco BU: receives greater dosage of fertilizers, harvesting by stalk cut and curing in barns, with ambient temperature and humidity. Tobacco impacts were related through the following stages of production: production of seedlings, cultivation, curing and industrial processing. In order to analyze the data related to agricultural production, a partnership was set up with a tobacco company to obtain the database required for the study. Data sheet was developed and collected information from 14,409 farmers

and industrial unit located in the Rio Pardo-RS valley, which were used to compile the life cycle inventory. In this context, the study used the life cycle assessment (LCA) tool to determine five categories of environmental impacts for each type of tobacco: i) carbon footprint, ii) terrestrial acidification potential, iii) human toxicity potential, iv) aquatic eutrophication potential, v) water depletion potential. The life cycle inventory made it possible to carry out the study, in line with the ISO14040 and ISO14044 standards, through the Umberto NXT LCA 7.13 software and the *Ecoinvent* 3.2 database. The environmental impacts were evaluated by the *ReCiPe* midpoint method, with the exception of the carbon footprint, which used the IPCC 2013 method. The results of the environmental impacts were adjusted to the functional unit of one ton of processed tobacco. The diagnostic study allowed the analysis of important phases of the productive process, highlighting the biomass consumption in the curing barns and the reforestation in the growing regions. It is possible to assume that the estimated forest stock of reforested areas meets energy self-sufficiency criteria in the tobacco growing regions. The comparison of two types of tobacco (FC and BU), resulted in different environmental performance due to mainly by two characteristics: (i) the burning of forest biomass in tobacco FC, (ii) the higher nitrogen fertilizer rates in BU tobacco. For FC tobacco, the combustion of forest biomass was determinant in the results of the carbon footprint, terrestrial acidification and human toxicity. The carbon footprint of the FC was 35.5% greater than the BU, being 2,205.38 kg CO₂-eq and 1,623.34 kg CO₂-eq respectively. The soil acidification in FC was 28.8% higher than the BU, with results of 13.27 kg SO₂-eq and 10.32 kg SO₂-eq. Human toxicity in FC was 617% higher than BU, with 2,198.34 kg 1,4 DCB -eq in the first and 306.45 kg 1,4 DCB-eq in the second. These three categories of impacts were directly impacted, but not exclusively, due to the combustion of forest biomass in curing barns and industrial furnaces, associated with GHG emissions, particulate matter, heavy metals and other compounds. For BU tobacco, use of higher fertilizer rates and the fertilizer manufacturing process were determinant, but not exclusive, on the results of aquatic eutrophication and water depletion. Aquatic eutrophication in BU was 14.5% higher than FC, being 18.51 kg P-eq and 16.17 kg P-eq respectively. The water depletion in the BU was 61.4% higher than the FC, being 36.04 m³ and 22.33 m³ respectively, associated to the P and N drag of the crops to the water bodies and the manufacturing process of fertilizers.

The analysis of the resulting environmental impacts made it possible to identify seven parameters with high environmental impact potential, or environmental hot spots. Measures were taken to mitigate the environmental impacts, offering greater assertiveness in the opportunities for interventions and in search for environmental performance improvement. By the joint analysis of the results, the conclusion is that the best options for the improvement of the environmental performance of the Brazilian system would be to provide modifications related to the fertilizer manufacturing process, by decreasing the consumption of energy through its energetic improvement or substitution of the consumption of fossil fuels by renewable energy sources, substitution of types of formulations and eventual dosage adjustments. Another important factor is in improving the combustion of forest biomass in furnaces, improving energy efficiencies and reducing incomplete combustion. The expansion of areas with minimal tillage and no-tillage can also contribute to improved environmental performance. The interaction with the local company and the elaboration of the robust life cycle inventory made it possible to determine a representative life cycle evaluation of the tobacco industry in southern Brazil. The study met the general and specific objectives proposed and has as merits to present in an innovative way the realization of an environmental study using the Life Cycle Assessment tool and to fill a gap in the environmental assessments of this important crop for the economy and the environment of region. The study also made it possible to advance the knowledge base of environmental tobacco evaluation, and could serve as a baseline of environmental performance monitoring and reference for future correlated studies

Key words: tobacco, *Nicotiana tabacum*, LCA, carbon footprint, environmental impacts, Brazil