

## Avaliação dos impactos ambientais da produção de forragens para caprinos e ovinos no Semiárido brasileiro

Angelúcia Gonçalves Parente <sup>1</sup>

Fernando Rodrigues Teixeira Dias <sup>2</sup>

Anna Leticia Montenegro Turtelli Pighinelli <sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidade de Pernambuco I

<sup>2</sup>Embrapa Pantanal 2

<sup>3</sup>Embrapa Meio Ambiente 3

angel.parente@hotmail.com

### Resumo

A caprino e a ovinocultura são atividades presentes em todo territorial nacional, mas com expressiva concentração na região semiárida do Brasil. Diante do cenário de degradação do meio ambiente, este estudo objetivou avaliar os impactos ambientais, através da abordagem de Avaliação do Ciclo de Vida, da produção de 1 kg de forragem produzida, para alimentar caprinos e ovinos, em três tipos de sistemas de produção: um com produção de forragem irrigada e uso do esterco dos animais como adubo, o outro com produção de forragem em sequeiro e uso do esterco dos animais como adubo, e outro com produção de forragem em sequeiro sem uso de adubo animal. Os dados foram obtidos através de entrevistas, junto aos proprietários de dez unidades produtoras, no período de dezembro de 2018 a novembro de 2019. As categorias de impactos Mudança Climática, Eutrofização de Água Doce, Eutrofização Marinha, Acidificação, Toxicidade Humana (câncer e não câncer) e Ecotoxicidade foram avaliadas pelo método ILCD – Midpoint (International Reference Life Cycle Data System), e a Escassez Hídrica foi avaliada pelo método AWARE. O software SimaPro (versão 9.0.0.35) foi utilizado para a simulação dos impactos no ciclo de vida. O sistema sequeiro com adubação apresentou impactos significativamente maiores em relação aos outros dois sistemas em cinco categorias: Toxicidade humana - câncer, acidificação, eutrofização em água doce, ecotoxicidade em água doce e escassez hídrica. O sistema

sequeiro sem adubação se destacou nos impactos na mudança climática e toxicidade humana - não câncer. O sistema irrigado é o sistema menos impactante ambientalmente, e a maior produtividade é o principal fator de influência na redução da sua pegada ambiental.

**Palavras-chaves:** Avaliação do Ciclo de Vida, forragens, Ovinocaprinocultura.

### Introdução

A ovinocaprinocultura tem se mostrado uma atividade bastante promissora para a economia de países em desenvolvimento e sua evolução tem reforçado a importância socioeconômica, principalmente, para os pequenos produtores. Nos últimos anos, o rebanho mundial apresentou taxa de crescimento em 1% para os caprinos e 1,5% para o rebanho ovino (FAO, 2016). O Brasil ocupa a 22ª posição no ranking da produção mundial de caprinos e o 18º de rebanho de ovinos. Os efetivos totais desses rebanhos alcançaram em 2016, respectivamente, 9,5 e 18 milhões de cabeças, com produção concentrada na Região Nordeste (92% dos caprinos e 57,5% dos ovinos do país) (IBGE, 2017).

A exploração agropecuária na região semiárida é dificultada pelas condições adversas de clima e tempo. Entretanto, os ovinocaprinos apresentam características de adaptação favoráveis as condições climáticas que, aliadas a manejo adequado, torna promissor o desenvolvimento da atividade e proporciona benefícios. A maior parte dos caprinos e ovinos criados na região são nativos ou sem raça definida (SRD), os quais

necessitam de manejo simples e são poucos exigentes em relação a alimentação, se adaptando bem a todos os manejos de criação (Pequeno, 2013).

Além da capacidade de adaptação dos animais a ambientes semiáridos, a maior disponibilidade de pastagem nativas para alimentação dos rebanhos, é um fator que contribui com a expansão da atividade no Semiárido brasileiro. Aproximadamente, 55% do Semiárido nordestino é recoberto por vegetação nativa da Caatinga, a qual é composta por uma variedade de espécies com alto valor proteico capazes de suprir as necessidades nutricionais dos animais (Batista e Souza, 2015).

Todavia, a irregularidade das chuvas é a principal condição adversa enfrentada pelos ovinocaprinocultores. Em sistemas de manejo extensivo, cuja alimentação é baseada na vegetação nativa, essa condição é ainda mais preocupante, em função da maior dependência da regeneração da Caatinga. Nos períodos de estiagem, a capacidade de suporte da vegetação nativa é reduzida e condiciona déficit nutricional nos rebanhos, e a principal consequência é o retardo no ciclo de desenvolvimento dos animais, causando perda do potencial produtivo e de renda (Riet-Correa, 2013; Batista e Souza, 2015).

O cultivo de forragens vem se tornando frequente em propriedades pecuárias que buscam aderir novas técnicas de produção e manejo (Aquino et al. 2016). Dessa forma é possível fornecer alimento para os rebanhos na época mais crítica

do ano, permitindo que os animais enfrentem o período seco e permaneçam saudáveis, reduzindo a taxa de perda.

Embora o cultivo de forragens seja a principal alternativa para o fortalecimento da alimentação de caprinos e ovinos, essa prática pode contribuir com a intensificação de problemas ambientais, como o aquecimento global e a escassez hídrica.

A produção de alimentos para manutenção animal demanda grandes quantidades de terras, água e insumos que são produzidos em processos complexos que também dependem dos recursos ambientais. Para Mekonnen e Hoesktra (2012) 98% da pegada hídrica da produção de carne ovina e caprina é atribuída à produção de alimento, entre eles o cultivo pasto, milho e forragens.

A preocupação mundial com os impactos ambientais e o esgotamento de recursos naturais vem crescendo sensivelmente nos últimos anos e motivando a procura por soluções que sejam capazes de mitigar aspectos e impactos ambientais em todos os setores (IPCC, 2014). Adicionalmente, o uso de metodologias que sejam capazes de mensurar e avaliar impactos ambientais, se mostra como alternativa funcional para tornar os sistemas produtivos mais eficientes, de modo que seja possível reduzir a sua pegada ecológica (IBICT, 2018).

Nesse contexto, este estudo objetivou avaliar os impactos ambientais, através da abordagem de Avaliação do Ciclo de Vida, da produção de 1 kg de forragem produzida para alimentar caprinos e

ovinos, em três tipos de sistemas de produção: um com produção de forragem em sequeiro sem uso do esterco caprino e ovino como adubo, outro com produção de forragem em sequeiro e com uso do esterco como adubo, e outro com produção de forragem irrigada e como uso do esterco caprino e ovino como adubo.

### Metodologia

#### Área de estudo

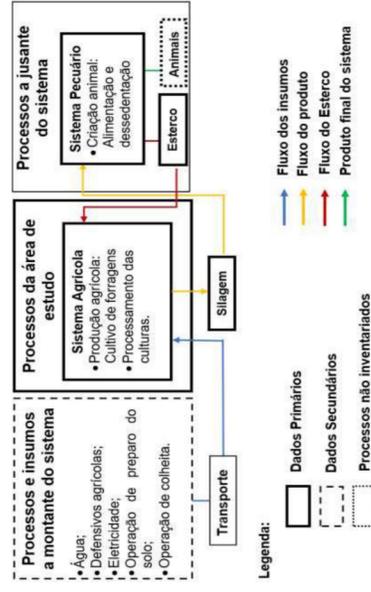
Os dados foram coletados em propriedades que representam os sistemas modelados, as quais estavam localizadas nos municípios: Casa Nova, Curaçá, Juazeiro, Remanso e Uauá, no estado da Bahia, trecho do Submédio São Francisco. Nesses municípios foram identificadas dez propriedades, as quais foram agrupadas de acordo com características em comum em três grupos:

1. Sistema Sequeiro sem Adubação (SSSA): Propriedades dependentes de chuva que não utilizam o esterco caprino/ovino como adubo orgânico no cultivo de forragens.
2. Sistema Sequeiro com Adubação (SSCA): Propriedades dependentes das chuvas e que utilizam o esterco caprino/ovino como adubo orgânico no cultivo de forragens.
3. Sistema Irrigado com Adubação (SICA): Propriedades que cultivam forragens irrigadas e utilizam o esterco caprino/ovino como adubo orgânico

#### Processo de produção de forragem

A produção de forragem é um processo da ovinocaprinoicultura (Figura 1) que tem como finalidade fornecer alimento para os animais no período em que a vegetação nativa (Caatinga) não oferece suporte alimentar aos rebanhos locais.

Figura 1: Sistema de produção de forragem



#### Avaliação do ciclo de vida

O estudo foi desenvolvido utilizando a avaliação do ciclo de vida segundo as normas ISO 14040 e 14044 (2006), com foco em sete categorias de impacto, sendo elas: Mudança Climática (MC), Toxicidade Humana - Não câncer (THNC), Toxicidade Humana - Câncer (THC), Acidificação (AC), Eutrofização de Água Doce (EAD), Ecotoxicidade em Água Doce (EcoAD) e Escassez Hídrica (EH). Com exceção da escassez hídrica, que foi avaliada pelo método AWARE (Boulay *et al.* 2018), as demais categorias foram avaliadas pelo método ILCD–Midpoint (International Reference Life Cycle Data System) (European Commission, 2011).

A fronteira do estudo é do berço ao portão e abrange os processos a montante e os processos da área de estudo. Nos processos a montante estão incluídos a produção e transporte de insumos para o cultivo de forragens. As atividades de preparo do solo, plantio, irrigação, adubação e controle fitossanitário (processos da área de estudo) foram consideradas no trabalho. O transporte da forragem para o sistema pecuário, bem como seu uso (processos a jusante do sistema) não foram considerados neste estudo. O software SimaPro (versão 9.0.0.35) foi utilizado para a simulação dos impactos no ciclo de vida.

### Coleta de dados

Para a realização da coleta de dados, o processo produtivo considerado no estudo foi a produção agrícola de capim-elefante, leucena, milho, palma e sorgo. Os dados primários foram obtidos no período de dezembro de 2018 a novembro de 2019. Informações referentes aos processos de produção agrícola e os insumos utilizados (água, defensivos agrícola, sementes e energia), bem como, as saídas, foram obtidos através de entrevistas junto aos proprietários, utilizando como referência um ano médio. Os dados secundários (produção dos insumos) foram obtidos na base de dados Ecoinvent 3.0.7 (Frischknecht et al. 2005).

## Resultados e Discussão

### Inventário

Na Tabela 1 encontram-se os inventários dos três sistemas médios com os quantitativos necessários para atender a produção de 1 quilograma de silagem, bem como todas as saídas (emissões) geradas no processo.

Tabela1: Inventário da produção de 1kg de silagem

Inventário	Un.	SICA	SSCA	SSSA
<b>ENTRADAS</b>				
Área	ha	1,68E-05	7,10E-05	2,06E-04
Água	m <sup>3</sup>	7,48E-02	0,00E+00	0,00E+00
Energia elétrica	kW	2,66E-03	0,00E+00	0,00E+00
Defensivos agrícolas	kg	4,21E-07	0,00E+00	0,00E+00
Estercor	kg	6,64E-01	8,59E-01	0,00E+00
<b>SAÍDAS</b>				
<i>Operações agrícolas</i>				
Gradagem	ha	2,05E-05	4,19E-05	0,00E+00
Colheita	ha	5,04E-05	1,04E-04	2,06E-04
<i>Produtos</i>				
Silagem	kg	1,00	1,00	1,00
<i>Emissões para o ar</i>				
Amônia	kg	4,44E-04	5,49E-04	1,30E-03
Óxido Nitroso	kg	9,20E-06	1,14E-05	2,70E-05
Óxidos de nitrogênio	kg	2,69E-05	3,33E-05	7,91E-05
<i>Emissões para a água</i>				
Nitrato	kg	1,16E-04	2,11E-03	1,40E-02
Fosfato	kg	3,56E-05	1,54E-04	1,11E-04
<i>Emissões para o solo</i>				
Pesticidas	kg	4,21E-07	0,00E+00	0,00E+00
<i>Emissões da Mudança no uso da terra (MUT)</i>				
Área agrícola	kg CO <sub>2</sub> eq	7,64E-02	2,99E-01	1,09E+00

A análise prévia das informações de entrada no inventário, indica que o sistema sequeiro sem adubação demandou maior área agrícola para atender a unidade funcional. O sistema irrigado

com adubação destacou-se no consumo de água, energia e defensivos agrícolas, os quais são ausentes nos outros dois sistemas.

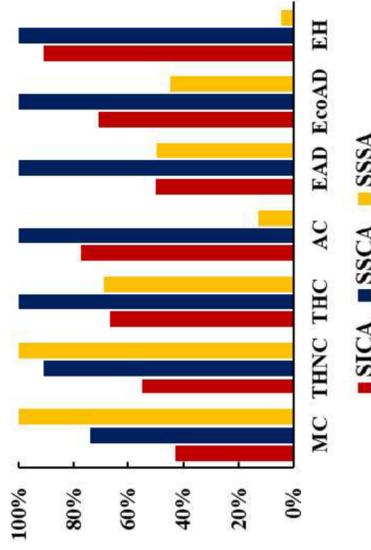
No que se refere às saídas, observa-se que o SSSA apresenta as maiores emissões de amônia, óxido nítrico e óxidos de nitrogênio para o ar, e nitrato para a água, em função da sua menor produtividade por hectare. O SSCA apresenta as maiores emissões de fosfato para água. Já o SICA destaca-se com as maiores emissões de pesticidas para o solo, associadas ao uso de defensivos agrícolas.

Quanto às emissões da mudança no uso da terra, o SSSA apresenta a maior emissão de CO<sub>2</sub>eq, cerca de 1 kg CO<sub>2</sub>eq / kg silagem, seguido pelo SSSA, com 0,3 kg CO<sub>2</sub>eq. Já o SICA possui a menor emissão, 0,08 kg CO<sub>2</sub>eq / kg de silagem. Essas diferenças ocorrem devido a quantidade de carbono estocado pelas culturas agrícolas que substituem a vegetação nativa, que por sua vez depende do tipo (anuais, permanentes ou pastagem) e da produtividade total do sistema.

### Avaliação de impactos ambientais

Analisando os resultados da avaliação de impactos para as sete categorias avaliadas, observa-se o SSSA apresenta maior impacto em cinco categorias (toxicidade humana – câncer, acidificação, eutrofização em água doce, ecotoxicidade em água doce e escassez hídrica). O SSSA foi maior em duas (mudança climática e toxicidade humana - não câncer) (Figura 2)

**Figura 2: Impacto ambiental dos sistemas em estudo sobre as categorias avaliadas**



\*Nota: O sistema que apresentou o maior valor de impacto na respectiva categoria foi definido como 100% e o percentual de impacto atribuído aos outros sistemas foi obtido a partir da expressividade do quantitativo em relação ao maior valor.

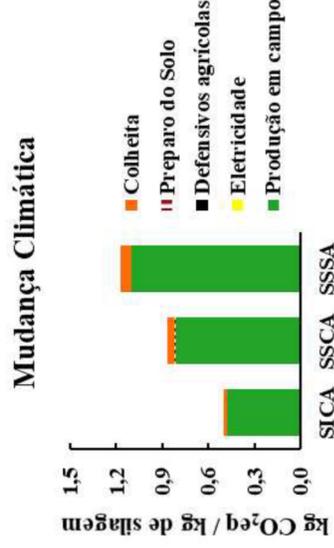
### Mudança Climática

Na categoria Mudança Climática, o SSSA apresentou impacto ambiental significativamente maior em relação aos outros dois sistemas, emitindo 1,17E-00 kg CO<sub>2</sub>eq / kg de silagem, contra 8,63E-01 e 5,05E-01 kg CO<sub>2</sub>eq / kg de silagem, no SSCA e SICA, respectivamente. Entre os principais processos contribuintes destacam-se a produção em campo e a colheita (Figura 3).

Na etapa da produção em campo, no SSSA destaca-se emissões da mudança no uso da terra (MUT) de vegetação nativa para área agrícola (99%) e do cultivo agrícola (1%) com emissões de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) decorrentes do nitrogênio (N) contido no solo e nos resíduos das culturas. No SSCA, 51% das emissões são decorrentes da

MUT, 38% do processo de produção do esterco caprino e ovino e 11% do N do solo e dos resíduos das culturas. No SICA, as emissões de MUT, da produção do esterco caprino e do N contido no solo e nos resíduos culturais, respondem, respectivamente, por 51, 35 e 14% das emissões na etapa.

**Figura 3: Processos mais impactantes sobre a mudança climática**



O maior impacto observado na categoria ocorre devido à perda do carbono estocado na biomassa da vegetação nativa, que é removido pela colheita, queima ou decomposição da biomassa. Nesse caso, o carbono estocado pelas culturas que substituem a vegetação nativa não é suficiente para reduzir o impacto nas mudanças climáticas (Nemecek *et al.* 2015).

### Toxicidade humana (Não câncer e Câncer)

O impacto do SSSA sobre a toxicidade humana – não câncer foi significativamente maior em relação aos outros sistemas. O maior impacto na categoria é relacionado à etapa da colheita,

responsável por 100% das emissões no SSSA, 77%, no SSSA e 71%, no SICA. Nessa etapa ocorre emissão de substâncias para os diversos compartimentos ambientais: o solo, a água e o ar. A principal substância emitida é o zinco, proveniente da produção dos metais que compõem o maquinário utilizado para realizar a colheita. A referida justificativa estende-se às operações de preparo do solo, a qual contribui com 2% dos impactos no SSCA e SICA, sendo ausente no SSSA. A menor contribuição dessa etapa associa-se ao reduzido número de operações anuais de preparo do solo, em média uma a duas vezes ao ano, na área do milho e o sorgo, enquanto que a colheita ocorre três vezes ao ano no SICA, e uma vez no SSCA e SSSA. A produção em campo impacta em 21% no SSCA e 27% no SICA, esse impacto ocorre em função da carga ambiental agregada aos insumos utilizados para produzir o esterco, entre eles o bagaço da cana-de-açúcar, milho em grão e o farelo de trigo, que são suplementos alimentares dos caprinos e ovinos, essa etapa não impacta o SSSA, pois o cultivo de forragens é sem adubação.

Na toxicidade humana – câncer o SSSA apresentou impacto significativamente maior em relação ao impacto do SSSA, e quando comparado ao SICA não houve diferença significativa. Assim como na toxicidade humana – não câncer, a produção em campo, a colheita e o preparo do solo foram os processos que mais impactaram na categoria. A colheita é responsável por 100% (6,78E-09 CTUh / kg de

silagem) das emissões impactantes do SSSA, 48% (4,72E-09 CTUh / kg de silagem) no SSCA e 41% (2,67E-09 CTUh / kg de silagem) no SICA. Os insumos associados à produção do esterco contribuem com 49% (4,79E-09 CTUh / kg de silagem) no SSCA e 56% (3,71E-09 CTUh / kg de silagem) no SICA. A operação de preparo do solo colabora com 3% das emissões totais, respectivamente, 3,29E-10 e 1,87E-10 no SSSA e SICA, sendo uma etapa ausente no SSSA. Os impactos nesta categoria recebem influência de processos que envolvem diferentes etapas e utilizam diversas substâncias químicas. Como resultado, ocorrem emissões de compostos químicos como o cromo, níquel e o arsênico, os quais contribuem em 97% a 98% dos impactos e oferecem risco à saúde humana devido ao seu grande potencial cancerígeno.

### Acidificação

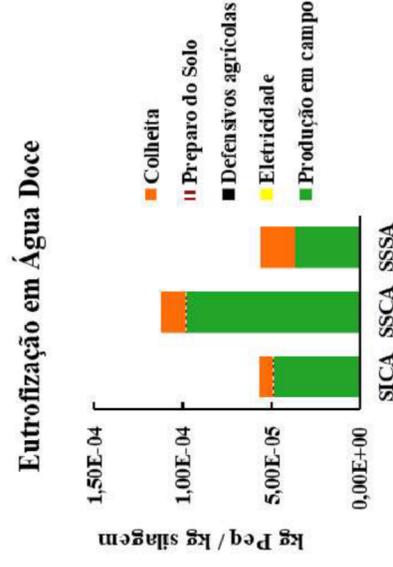
Na acidificação o impacto do SSCA foi significativamente maior em relação aos outros sistemas, 3,66E-02 molc H<sup>+</sup>eq / kg de silagem, contra 2,83E-02 e 6,61E-03 molc H<sup>+</sup>eq / kg de silagem no SICA e SSSA, respectivamente. A etapa mais impactante é a produção em campo, sendo a amônia o principal agente contribuidor, responsável por 85% do impacto do SSSA e 95% do SSCA e SICA. A maior contribuição atribuído ao SSCA ocorre em função da maior quantidade de esterco caprino ovino necessário para atender a unidade funcional, como consequência disso ocorre maiores emissões de amônia para o ar. No SSSA essa também é uma

etapa ausente, razão pela qual o sistema apresenta as menores emissões na categoria.

### Eutrofização em água doce

O impacto sobre a eutrofização de águas doces foi significativamente maior no SSCA, cerca de 1,12E-04 kg Peq / kg de silagem, contra 5,65E-05 kg Peq / kg de silagem no SICA e 5,60E-05 kg Peq / kg de silagem no SSSA (Figura 4). O principal agravante é emissão de fósforo lixiviado para as águas superficiais através da erosão hídrica. Nesta etapa as emissões de fósforo são influenciadas pelo do tipo de cultura, manejo do solo e pelas práticas anti-erosão. Contudo, as maiores emissões atribuídas ao SSCA são justificadas pelo manejo do solo com máquinas agrícolas, que resulta em maiores emissões, sendo uma etapa ausente no SSSA, e embora exista no SICA, o impacto se distribui em função da maior produtividade do sistema.

Figura 4: Processos mais impactantes sobre a eutrofização em água doce



### Ecotoxicidade em Água Doce

Nesta categoria o maior impacto foi do SSCA, 1,83 CTUe / kg de silagem, seguido pelo SICA, 1,29 CTUe / kg de silagem e pelo SSSA com 0,87 CTUe / kg de silagem. As etapas com contribuição mais expressiva foram a produção em campo e da colheita. Os impactos sobre a ecotoxicidade em água doce ocorrem em função das emissões de cobre e zinco, associados aos insumos para a produção do esterco e da colheita.

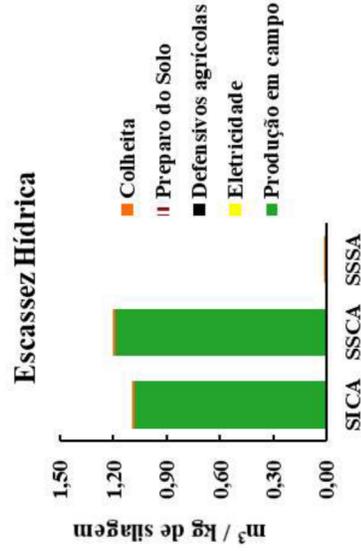
Durante o processo de fabricação dos insumos observa-se a emissão de diversas substâncias, como os metais pesados (cobre, zinco, cromo e níquel) que contribuem de 49 a 89% com os impactos da etapa, e vanádio, utilizado no processo de produção dos insumos, como o clorpirifós, atrazina e o profenofós, herbicidas utilizados nas plantações de algodão, cana-de-açúcar, milho, soja e trigo (insumos da produção do esterco caprino e ovino), os quais contribuem de 31 a 40% com os impactos na etapa.

### Escassez Hídrica

O impacto sobre o uso da água foi maior no sistema sequeiro sem adubação, 1,2 m<sup>3</sup>/ kg de silagem. Embora esse sistema não tenha cultivos irrigados, o maior impacto deve-se ao uso indireto da água agregada ao processo de fabricação dos insumos em associação com a produtividade por hectare, cerca de 14t/ha/ano. O SICA impacta em 1,1 m<sup>3</sup>/kg de silagem e produz, cerca de, 60 t/ha/ano. Já o SSSA, apesar de apresentar a menor produtividade entre os sistemas, 5 t/ha/ano, o uso de insumos e

processos como a colheita e o preparo do solo, é reduzido ou ausente, implicando no baixo impacto, cerca de, 0,01 m<sup>3</sup>/kg de silagem. No SSCA e SICA a etapa com maior contribuição foi a produção em campo, 99% do impacto. No SSSA o impacto está totalmente relacionado à operação de colheita (Figura 5).

**Figura 5: Processos mais impactantes sobre a escassez hídrica**



## Conclusão

De acordo com o estudo desenvolvido neste trabalho, o sistema irrigado é o sistema menos impactante ambientalmente. A produtividade é o principal fator de influência na redução da pegada ambiental desse sistema, que se difere dos demais pelo uso da água no cultivo de forragens. Uma alternativa para reduzir o impacto nas categorias, seria intensificar o cultivo de espécies forrageiras adaptadas às condições semiáridas, que necessitem de manejo simples e demandem poucos insumos, como exemplo a Palma (*Opuntia ficus indica*), que

entre as espécies cultivadas, foi a que apresentou o melhor desempenho na produtividade anual e a menor demanda por insumos e operações de preparo do solo.

Assim, de acordo com os resultados gerados neste trabalho, uma maior produtividade e eficiência no uso dos recursos pelos sistemas de produção pode ser uma ferramenta promissora para mitigar os impactos ambientais em todas as categorias.

## Agradecimentos

De antemão, agradecemos a todos os revisores dos artigos do GCV 2020.

## Referências bibliográficas

- AQUINO, R.S de; LEMOS, C.G de; ALENCAR, C. A; SILVA, E.G. Da S.; LIMA, R. Da S.; GOMES, J.A.F; SILVA, A.F. da. A realidade da caprinocultura e ovinocultura no semiárido brasileiro: um retrato do serão do Araripe, Pernambuco. **DOI: <https://doi.org/10.22256/pubvet.v10n4.271-281>**
- BATISTA, N. L; SOUZA, B. B. DE. Caprinocultura no Semiárido brasileiro: fatores limitantes e ações de mitigação. **Revista Agropecuária Científica no Semiárido**, v11, n. 12, p. 1 – 9, 2015.
- BOULAY, A. M.; BAREJ, BENINI, L.; BERGER, M.; LATHUILLÈRE, M.J.; MANZARDO, A.; MARGNI, M.; MOTOSHITA, M.; NÚÑEZ, M.; PASTOR, A.V.; RIDOUTT, B.; OKI, T.; WORB, S.; PFISTER, S. (2018). The WULCA consensus characterization model for water scarcity footprints: assessing impacts of water consumption based on available water remaining (AWARE). **DOI: <https://doi.org/10.1007/s11367-017-1333-8>**
- FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Live animals**. 2016. Disponível em: <<http://www.fao.org/>>.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção da Pecuária Municipal 2017**. Rio de Janeiro, 2019.
- IBICT – INSTITUTO BRASILEIRO DE INFORMAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA. **Avaliação do ciclo de vida: Pensamento do ciclo de vida**. LAMB, C. M. S. R. Brasília, DF. 2018.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability, Part A: Global and Sectoral Aspects, Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. FIELD, C.B. *et al.* (Org.). Cambridge, 2014, 1132 p.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). ISO 14040:2006- **Environmental management, Life cycle assessment, Principles and framework**. Geneva: ISO, 2006.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). ISO 14044:2006- **Environmental management - Life cycle assessment - requirements and guidelines**. Geneva: ISO, 2006.

EC- JRC - JOINT RESEARCH CENTRE OF THE EUROPEAN COMMISSION (2011). Framework and Requirements for LCIA Models and indicators. **ILCD Handbook- INTERNACIONAL REFERENCE LIFE CYCLE DATA SYSTEM**.

MEKONNEN, M.M; HOEKSTRA, A.Y. A Global Assessment of the Water Footprint of Farm Animal Products. **Ecosystems**, n.15, p. 401– 415, 2012.: **DOI: <https://doi.org/10.1007/s10021-011-9517-8>**

NEMECEK T., BENGHOA X, LANSCHÉ J., MOURON, P., RIEDENER E., ROSSIV. & HUMBERT S. **Methodological Guidelines for the Life Cycle Inventory of Agricultural Products, Version 3.0, 2015**. **World Food LCA Database (WFLDB)**. 2015. Quantis and Agroscope, Lausanne and Zurich, Switzerland.

PEQUENO, I. D. Influência das variáveis meteorológicas, modelagem e cenários climáticos da produção de leite de cabras no Nordeste do Brasil. 2013. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia Agrícola), UNIVASF, Petrolina, PE, 82 p.

RIET-CORREA, B.; SIMÕES, S.V.D.; PEREIRA FILHO, J.M.; AZEVEDO, S.S.; MELO, D.B.; BATISTA, J.A.; MIRANDA NETO, E.G.; RIETCORREA, F. Sistemas produtivos de caprinocultura leiteira no semiárido paraibano: caracterização, principais limitantes e avaliação de estratégias de intervenção. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v.33, n.3, p.345-352, 2013.