



Futuro da Tecnologia do Ambiente Construído e os Desafios Globais

Porto Alegre, 4 a 6 de novembro de 2020

PEGADA ENERGÉTICA E A PEGADA DE CARBONO DA MUNICIPALIDADE DE FELIZ/RS¹

SCHMITZ, Anelise (1); LIBRAGA, Juliano (2); SATTler, Miguel Aloysio (3)

(1) Universidade Federal do Paraná, anelise.schmitz@gmail.com

(2) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, jlibraga@gmail.com

(3) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, masattler@gmail.com

RESUMO

O objetivo da pesquisa foi analisar a Pegada Energética e a Pegada de Carbono, para a municipalidade de Feliz, RS. A contabilização dos fluxos de materiais, medindo a quantidade total de recursos naturais e de produtos que são usados por uma economia, foi alcançada com base no trabalho elaborado por Kuhn (2014). A partir desta fonte de metabolismo da municipalidade, foram avaliados os coeficientes para a contabilização de consumo de energia, em MJ/Kg e de emissões de CO₂, em kgCO₂/kg, os quais identificam as consequências ambientais do consumo, expressas numa única quantidade. As análises reúnem trinta e quatro itens, identificando os produtos movimentados no município, durante o ano de 2011 (ano base, para os dados de Kuhn), para cada Pegada. Apresenta-se, também o cálculo individualizado de cada Pegada, por habitante e por unidade de área do município.

Palavras-chave: Pegada Energética, Pegada de Carbono, Municipalidade, Recursos Naturais.

ABSTRACT

The objective of the research was to analyze the Energy Footprint and Carbon Footprint for the municipality of Feliz, RS. The values for material flows, measuring the total amount of natural resources and products used by the municipality were obtained from a research conducted by Kuhn (2014). From the municipality's metabolism, the coefficients for accounting energy consumption, expressed in MJ / Kg, and CO₂ emissions, in kgCO₂/kg, were evaluated, in such a way to represent the environmental impacts of consumption, as a single value. The analyses resulted in thirty-four groups of items, circulating in the municipality, in 2011, for each footprint in consideration. The individual calculation of each footprint is also presented, per inhabitant and per area unit of the municipality.

Keywords: Energy Footprint, Carbon Footprint, Municipality, Natural Resources.

1 INTRODUÇÃO

A Pegada Ecológica é uma ferramenta utilizada para quantificar os “rastros” que acelerada e continuamente e vêm impactando o Planeta a partir da generalização e intensificação dos hábitos pouco responsáveis de consumo. A avaliação de

¹ SCHMITZ, Anelise; LIBRAGA, Juliano; SATTler, Miguel Aloysio. Pegada Energética e a Pegada de Carbono da Municipalidade de Feliz/RS. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 18., 2020, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2020.

impactos, via cálculo de Pegadas tem sido adotada cada vez mais, e é aplicada às diversas escalas do Ambiente Construído desde o nível local, até a escala de cidades e estados. A sua aplicação à cidade de Londres, uma das pioneiras neste tipo de estudo, possibilitou uma profunda compreensão sobre o seu metabolismo, tendo o seu estudo buscado apoio na caracterização de Pegadas. O estudo realizado em Londres possibilitou identificar onde os recursos eram consumidos, assim como definir quais ações poderiam ser tomadas, no sentido de aumentar a eficiência de sua operação, assim tornando a cidade mais sustentável. Tais estudos possibilitam comprovar que não se pode continuar usando os recursos globais, nos níveis atuais, sem colocar as futuras gerações e os ecossistemas em risco (BECKER et al., 2012, a; BECKER et al., 2012, b; IWM (EB), 2002).

Neste sentido, o presente estudo objetivou investigar e avaliar os impactos identificáveis via análise do metabolismo da municipalidade de Feliz, RS, conforme Kuhn (2014). Com base em coeficientes unitários, para cada tipo de atividade, buscou-se, além de quantificar a pegada energética em megajoule (MJ), quantificar, também, a pegada de carbono, em quilogramas de gases de efeito estufa (kg CO₂), de modo a possibilitar analisar qualitativamente as pegadas estudadas. Além disso, para a quantificação da emissão global de carbono equivalente do município, vários outros coeficientes foram estudados a partir de referências nacionais e internacionais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Família de Pegadas

A Família de Pegadas pode ser compreendida, como composta por: Pegada Ecológica, Pegada de Carbono e Pegada Hídrica. As três Pegadas permitem analisar múltiplos aspectos associadas às atividades humanas junto ao capital natural. Elas revelam, em um primeiro olhar, uma distribuição desigual de recursos entre habitantes de diferentes regiões do mundo. Com uma adequada distribuição dos recursos disponíveis, é possível subsidiar políticas de desenvolvimento e assegurar conceitos, tais como: a contração e a convergência; a justiça ambiental, e a partilha justa. Convém destacar que, em adição aos aspectos acima referido, os impactos adversos causados pelas emissões de gases de efeito estufa, e as consequentes mudanças climáticas globais, estão cada vez mais presentes, provocando um aumento na frequência e na intensidade de eventos climáticos extremos (WWF-BRASIL, 2018; SONG, 2017; GAZZONI, 2014; MUÑOZ, 2013).

A Pegada Ecológica objetiva comparar a demanda humana por recursos naturais, com a capacidade da natureza em suprir essa demanda, e foi desenvolvida com a finalidade de medir a relação entre a natureza e o consumo humano. Ela contabiliza os fluxos de matéria e energia que entram e saem de um sistema econômico, convertendo-os em área correspondente da superfície do planeta terrestre, ou mares e oceanos, requerida para sustentar esse sistema. A Pegada Ecológica é um instrumento que foi criado nos anos 90, por William Rees e Mathis Wackernagel e adaptado pela consultora inglesa Best Foot Forward (BFF) e pode ser aplicada à escala do indivíduo, da cidade ou da nação (FERREIRA, 2018; ANDRADE, 2017; COSTA, 2008).

A Pegada de Carbono é definida como a totalidade de emissões de gases de efeito estufa, associados, direta ou indiretamente, a uma organização, atividade ou produto. Os resultados descritos por esta ferramenta traduzem a quantidade de CO₂,

ou de CO₂ equivalente (CO₂e), emitido no ciclo de vida de um produto ou serviço, para um intervalo de tempo previamente definido. As causas associadas às emissões podem ser relativas: a produção de energia; a combustão de combustíveis fósseis; os transportes; bem como outros processos industriais ou agrícolas (ALVES, 2013). Segundo Flachowsky e Kamphues (2012) e Palermo (2011), a agricultura, e, especialmente, os gases provenientes do processo da produção animal, são consideradas grandes contribuintes para as emissões globais de gases de efeito estufa.

A Pegada Hídrica foi concebida com o propósito de ilustrar as relações, ainda pouco conhecidas, entre o consumo de recursos naturais e o uso da água, tal como, o comércio global e a gestão de recursos hídricos. A Pegada Hídrica é definida como o volume de água total, usada durante os processos de produção e de bens e serviços, bem como o consumo direto e indireto de água, no processo de produção de bens (SILVA et al., 2013). Hoekstra et al. (2011) elaboraram um manual de avaliação da Pegada Hídrica, definindo a globalização do consumo de água, e afirmam que uma fração significativa do consumo de água ocorre na produção agrícola, destacando também a quantidade significativa de água, consumida e poluída, tanto nos setores industriais, como no setor doméstico.

2.2 Consumo de Energia e Pegadas no Brasil

A inclusão de aspectos ambientais e energéticos, em propostas de construção e de projeto, permite a identificação dos principais possíveis impactos e dos potenciais danos passíveis de ocorrência, quando se desenvolve uma atividade de intervenção no Ambiente Construído. Uma forma para se avaliar tais possíveis impactos sobre o meio ambiente, requer a identificação do consumo de energia, necessário para sua produção (BRONDANI, 2014). Para Barbosa et al. (2000), a quantificação do consumo de energia nas construções, de forma geral, apenas requeria que se considerasse o processo básico da produção dos materiais e dos componentes construtivos, e, em etapa posterior de seu ciclo de vida, a operação do edifício (aquecimento, refrigeração e iluminação). Porém, pesquisas recentes revelam a importância de se quantificar toda a energia incorporada na construção, iniciando-se com o cômputo da energia incorporada em cada um dos materiais de construção, incluindo desde aquela necessária à sua extração; assim como, aquela que vier a ser agregada para a posterior transformação da matéria-prima em componente acabado; uso e, finalmente, sua demolição. Requer-se, portanto, que, dentro deste processo contínuo, sejam identificados e, posteriormente, classificados, aqueles materiais que determinarem as menores demandas de energia.

Conforme o WWF-Brasil (2018), a Pegada Ecológica brasileira é de 2,9 hectares globais, por habitante, indicando que o consumo médio de recursos ecológicos pelos brasileiros é bem próximo da média mundial da Pegada Ecológica, por habitante, de 2,7 hectares globais. Em contrapartida, a biocapacidade brasileira vem sofrendo um forte declínio ao longo dos anos, devido ao empobrecimento dos serviços ecológicos e à degradação dos ecossistemas. Segundo Hoekstra et al. (2011), o Brasil tem uma Pegada Hídrica de 2027 metros cúbicos, *per capita*, por ano, sendo que 9% da sua Pegada Hídrica é originada fora das fronteiras do país.

3 MÉTODO

O objeto de estudo deste trabalho foi a municipalidade de Feliz, RS, que está situada entre os dois principais polos econômicos do estado do Rio Grande do Sul: a região

metropolitana e a região serrana. O município estudado possui uma área de 95.371 km² (IBGE, 2018).

Sendo que, para alcançar os objetivos almejados, foram coletados dados e indicadores que possibilitassem o cálculo da Pegada Energética e de Carbono. O delineamento do estudo contemplou as seguintes atividades: (a) o estudo da literatura, no concernente aos indicadores investigados; (b) levantamento de quantitativos, a partir da base de dados do trabalho de Kuhn (2014); (c) pesquisa e definição dos coeficientes de energia, em MJ/kg, e de emissões de CO₂, em KgCO₂/kg, para cada atividade; (d) cálculo das Pegadas Energética e de Carbono; e (e) tabulação, em escala de cores (quanto mais escura a tonalidade, mais expressivo o valor) e análise dos resultados. Foram coletados os dados referentes aos coeficientes de consumo de energia e de emissão de CO₂, para a municipalidade de Feliz.

No estudo de Kuhn (2014), acima referido, foi investigado o metabolismo da municipalidade, com análise dos fluxos de materiais existentes, incluindo: produtos oriundos de extrações locais (ou domésticas); importações; e exportações, com todos os dados sendo referentes ao ano de 2011. Os componentes ou produtos foram, então, agrupados, de acordo com a sua fonte de origem. Foram definidos trinta e quatro grupos, nesta classificação, alcançando, com as subclassificações de produtos, um total de cento e sessenta e nove produtos quantificados, que constituíram o objeto utilizado para a caracterização das pegadas. O total de massa, considerando-se todos os produtos extraídos ou movimentados no período da avaliação, foi de 525.717,50 toneladas.

Os coeficientes associados a consumo de energia e emissões de dióxido de carbono consideraram valores disponíveis a nível nacional e internacional. Para determinados produtos, em face da sua especificidade, houve dificuldade de obtenção de dados precisos de emissões de carbono e de energia incorporada. Por outro lado, no estudo de Kuhn (2014), alguns itens contemplavam uma *categoria de itens e produtos*, e não apenas um só componente; ou seja, uma categoria de itens e produtos mais genérica, com uma composição interna integrando itens diversos. Nestes casos, foi necessário realizar uma simplificação dos coeficientes utilizados no cálculo das pegadas, sendo, sempre que possível, adotados os coeficientes dos itens de maior representatividade, dentro de cada categoria.

De posse dos dados, foi realizada a análise global das pegadas, referindo-as à área territorial e ao número de habitantes. A partir disso, foi possível avaliar o impacto das diferentes pegadas correspondentes à municipalidade. No que se refere à Pegada Energética, os coeficientes encontrados nas referências foram todos convertidos para a unidade de megajoules, por tonelada (MJ/ton), pois os quantitativos dos produtos movimentados no período estudado estavam expressos em toneladas. Posteriormente, foram obtidos os quantitativos totais de energia, em unidades de MJ, para cada categoria de produto ou componente, para os diversos fluxos ocorrentes na municipalidade. Quanto à Pegada de Carbono, os coeficientes obtidos junto à literatura foram convertidos para a unidade de quilogramas de gás carbônico, por tonelada (kgCO₂/ton), e assim foi possível calcular o quantitativo total de carbono, em unidades de kgCO₂, para cada categoria de produto.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir dos coeficientes considerados para cada categoria de produto, ou componente do metabolismo da municipalidade, foram calculados os quantitativos

de energia e de carbono, e as suas respectivas contribuições, para o total das pegadas investigadas. Na Tabela 1, constam os resultados obtidos, referentes às pegadas de carbono e de energia, para os 34 grupos de classificação avaliados.

Tabela 1 –Quantitativos e contribuições percentuais, para a quantificação das pegadas energética e de carbono, associadas a cada um dos itens integrantes dos diferentes grupos de classificação, para a municipalidade de Feliz/RS, todos referentes ao ano de 2011.

Origem/Classificação*	Massa (ton)*	Energia (milhões de MJ)	Contribuição (%)	Carbono (milhares de ton CO2)	Contribuição (%)
Extração doméstica mineral	80.821,27	226,89	2,93%	16.641,12	1,48%
Produtos minerais importados	58.035,58	533,32	6,88%	36.771,75	3,26%
Obras de pedra, gesso, cimento, amianto, mica ou de matérias semelhantes; produtos cerâmicos; vidro e suas obras, exportados	41.349,72	165,94	2,14%	12.151,91	1,08%
Produtos das indústrias alimentares importados	41.333,93	76,35	0,98%	131.850,39	11,70%
Produtos das indústrias alimentares, exportados	37.455,45	13,68	0,18%	130.208,23	11,56%
Produtos do reino vegetal importados	35.756,73	207,45	2,68%	25.542,27	2,27%
Produtos minerais exportados	26.113,59	78,34	1,01%	5.744,99	0,51%
Madeira, carvão vegetal e obras de madeira, cortiça e suas obras, obras de espartaria ou cestaria importados	25.098,00	214,7	2,77%	11.614,77	1,03%
Metais comuns e suas obras importados	23.863,40	596,59	7,69%	45.579,09	4,05%
Extração doméstica de biomassa	20.429,69	91,22	1,18%	15.636,49	1,39%
Animais vivos e produtos do reino animal exportados	14.995,31	263,42	3,40%	151.683,23	13,46%
Resíduos exportados para reciclagem	11.719,44	205,1	2,65%	19.578,50	1,74%
Metais comuns e suas obras exportados	11.518,61	287,97	3,71%	22.000,55	1,95%
Animais e produtos do reino animal, importados	11.251,93	223,78	2,89%	73.496,96	6,52%
Resíduos e desperdícios importados	11.153,88	740,18	9,55%	30.034,16	2,67%
Máquinas e aparelhos, material elétrico, e partes	10.856,10	594,01	7,66%	5.581,30	0,50%
Plásticos e suas obras, borrachas e suas obras, importados	10.449,53	845,46	10,90%	26.913,56	2,39%
Produtos do reino vegetal exportados	10.191,81	23,6	0,30%	5.879,20	0,52%
Máquinas e aparelhos, material elétrico, e suas partes; aparelhos de gravação ou reprodução de som exportados	10.165,42	628,53	8,11%	70.656,73	6,27%
Plásticos e suas obras; borracha e suas obras, exportados	7.807,89	602,77	7,77%	18.817,01	1,67%
Produtos das indústrias químicas ou das indústrias conexas, importados	7.055,67	367,99	4,75%	70.018,83	6,21%
Materiais de transporte, exportados	5.167,63	319,51	4,12%	19.028,48	1,69%
Produtos das indústrias químicas ou das indústrias conexas exportados	2.851,12	53,34	0,69%	25.451,21	2,26%
Calçados, chapéus e artefatos semelhantes, guarda-chuvas e etc. exportados	2.641,86	153,25	1,98%	73.598,64	6,53%
Mercadorias e produtos diversos, importados	2.246,31	16,89	0,22%	999,34	0,09%
Gorduras, óleos e ceras importados	1.330,24	6,35	0,08%	5.653,52	0,50%
Pastas de madeira, papel, cartão e etc., importados	1.185,28	32,03	0,41%	1.704,28	0,15%
Calçados, chapéus e artefatos semelhantes importados	1.128,03	61,79	0,80%	30.401,75	2,70%
Matérias têxteis e suas obras importados	673,57	84,2	1,09%	3.495,83	0,31%
Instrumentos e aparelhos, suas partes e acessórios importados	629,81	38,94	0,50%	38.418,41	3,41%
Peles, couros, peleteria e etc. importados	294,13	0,52	0,01%	1.499,47	0,13%
Pérolas, pedras, metais preciosos ou semipreciosos	146,38	0,15	0,00%	8,2	0,00%
Armas, munições, e suas partes e acessórios importados	0,1	0	0,00%	0,19	0,00%
Objetos de arte e antiguidades importados	0,09	0	0,00%	0	0,00%
Totais	525.717,50	7.754,27	100%	1.126.660,36	100%

*Dados extraídos de Kuhn (2014): origem/classificação e massa.

A massa total dos produtos movimentados, ou extraídos, no período foi de 525.717,50

toneladas. Com base nos cálculos realizados, os coeficientes correspondentes às pegadas de energia e de carbono, possibilitaram identificar: um total de energia consumida, de 7.754,27 milhões de megajoules; e um o total de emissões de dióxido de carbono somando 1.126.660,36 toneladas. No tocante à Pegada Energética, a maior contribuição, equivalente a 10,90% de toda a energia consumida, foi identificada como aquela associada à importação, pelo município de Feliz, de plásticos e suas obras; e borrachas e suas obras, Já, no concernente à Pegada de Carbono, a maior contribuição, equivalendo a 13,46% do total das emissões de dióxido de carbono, foi identificada aquela associada à exportação, pelo município, de materiais e produtos incluídos no grupo de animais e produtos do reino animal.

A Pegada Energética total foi determinada, principalmente por impactos determinado por materiais e produtos importados: onde se destacam aqueles incluídos no grupo de plásticos e suas obras, borrachas e suas obras (10,90%), resíduos e desperdícios (9,55%) e metais comuns e suas obras (7,69%). Entre os principais materiais e produtos exportados, contribuintes para a Pegada Energética, estão aqueles incluídos nos grupos máquinas e aparelhos, material elétrico e suas partes, aparelhos de gravação ou reprodução de som (8,11%), e plásticos e suas obras, borracha e suas obras (7,77%).

Somadas, as contribuições dos cinco grupos supracitados, resultam em um total de 44,02%. Cumpre destacar a influência na Pegada Energética decorrente da contribuição dos produtos relacionados a plásticos e borrachas, tanto importados, quanto exportados, demonstrando a necessidade de reavaliação dos fluxos de comercialização destes produtos. A segunda categoria com maior contribuição foi de resíduos e desperdícios importados. Outro aspecto contribuinte para a redução da Pegada Energética local, e merecedor de atenção, em termos de implementação de ações públicas, seria a de redução da geração de resíduos e desperdícios, que são determinados pelos fluxos de produtos e insumos.

Observa-se que há grande variação na contribuição de cada grupo para a Pegada Energética total do município e que os cinco grupos que mais contribuem para o Pegada Energética total não correspondem aos grupos com maior massa movimentada, expressa em toneladas.

Calculou-se, também, com base em dados do IBGE (2018), a Pegada Energética, por habitante do município. Considerando-se a população estimada, para o ano de 2018, de 13.451 habitantes, a Pegada Energética resultaria em 576.482,79 MJ x ano/pessoa, ou de 1579,40 MJ x dia/pessoa. Ao se calcular este índice, tendo-se como base, a área do município, e, uma vez que esta é de 95.371 km², o total da Pegada Energética assume o valor de 81.306,37 MJ/km². Tais dados permitem uma caracterização, na escala municipal, que permite comparações com outras municipalidades, avaliando tais impactos, enquanto associados a diferentes materiais e produtos, tornando-as mais inteligíveis para as partes diretamente afetadas.

Já no tocante aos impactos associados à Pegada de Carbono na investigação, as principais contribuições foram: aquelas determinadas, no tocante às exportações de matérias e produtos, destacam-se os grupos de animais vivos e produtos do reino animal (13,46%); indústrias alimentares (11,56%); o grupo de calçados, chapéus e artefatos semelhantes, guarda-chuvas, etc. (6,53%). No que concerne a materiais e produtos importados, destacam-se as indústrias alimentares (11,70%); animais vivos e produtos do reino animal (6,52%). Somadas, as contribuições destes cinco grupos correspondem a um total de 49,78% das emissões.

Assim como para a Pegada Energética, não se verificou uma relação diretamente proporcional entre o quantitativo de massa de produtos movimentados e a Pegada de Carbono. Observa-se que as grandes contribuições da Pegada de Carbono estão concentradas em aproximadamente 7 grupos, com mais de 70.000 ton de CO₂, seguidos de 11 grupos medianos, com contribuições que variam de 15 a 30.000 ton de CO₂. Os produtos das indústrias alimentares, tanto importados, quanto exportados pelo município, estão incluídos nos grupos de maior contribuição para a Pegada de Carbono.

5 CONCLUSÕES

Este trabalho teve por objetivo *caracterizar a Pegada Energética e a Pegada de Carbono da municipalidade de Feliz, RS*. Para tanto, inicialmente, foram analisados os resultados de uma tese de doutorado, desenvolvida por Kuhn (2014), onde foram identificados os fluxos de produtos e materiais extraídos, importados e exportados, por esta municipalidade, ao longo do ano de 2011. Em adição, e com base em coeficientes unitários de energia e carbono, os produtos e materiais acima referidos, foram estruturados em 34 grupos. Durante a fase de coleta de dados relativos à municipalidade, constatou-se haver uma grande escassez de dados, tanto regionalizados, como a nível nacional, relativos a emissões de carbono e consumo de energia. Por esta razão, houve necessidade de buscar muitos desses dados em estudos realizados em outros países.

Como conclusão geral, o estudo apontou que:

1. Não foi encontrada uma relação entre os quantitativos de massa dos itens avaliados, e os valores de Pegada Energética e Pegada de Carbono;
2. Também não foi encontrada uma relação direta entre os itens que mais contribuem para a Pegada de Carbono e os que mais contribuem para a Pegada Energética;
3. Os grupos que mais contribuem para a Pegada Energética do município estão relacionados a: plásticos e borrachas, resíduos e desperdícios, aparelhos e equipamentos elétricos, e metais;
4. Já as maiores contribuições para a Pegada de Carbono estão associadas a: animais vivos e produtos do reino animal; produtos das indústrias alimentares; calçados, chapéus e assemelhados.

Por fim, e em resposta ao escopo da avaliação, verificou-se que a Pegada Energética do município de Feliz/RS, para o ano de 2011, resultou em 576.482,79 MJ x ano/pessoa, ou, de 1579,40 MJ x habitante/dia. Na métrica por área, encontrou-se um valor de 81.306,37 MJ/km². No tocante à Pegada de Carbono, encontrou-se um valor de 83.760,34 kgCO₂, por habitante/ano, ou 229,48 kgCO₂ por habitante/dia. Expressa em termos de área, encontrou-se uma Pegada de Carbono de 11.813,45 kgCO₂/km².

REFERÊNCIAS

ALVES, C. J. L. **Pegada de Carbono associada a eventos desportivos realizados no Estádio do Dragão**. Dissertação de Mestrado em Engenharia do Ambiente. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Portugal. 2013.

ANDRADE, F. B. C. Como caracterizar o impacto ambiental de uma construção através de suas Pegadas (Pegada Ecológica, Pegada de Carbono, Pegada Hídrica). **Artigo da**

Disciplina de Ecoconstruções. Reabilita: Curso de Especialização em Reabilitação Ambiental Sustentável, Arquitetônica e Urbanística. 2017.

BARBOSA, J. C.; INO, A.; SHIMBO, I. Indicadores de sustentabilidade na cadeia produtiva de habitação em madeira de reflorestamento. **Anais do Entac.** 2000. Disponível em: http://www.infohab.org.br/entac2014/2000/Artigos/ENTAC2000_366.pdf.

BECKER, M.; MARTINS, T. S.; CAMPOS, F; MORALES, J. C. **A Pegada Ecológica de São Paulo - Estado e Capital e a família de pegadas.** WWF-Brasil, Brasília. 2012 (a).

BECKER, M.; MARTINS, T. S.; CAMPOS, F; MITCHELL, J. **A Pegada Ecológica de Campo Grande e a família de pegadas.** WWF-Brasil, Brasília. 2012 (b).

BRONDANI, M. **Avaliação do ciclo de vida (ACV) da produção de bioetanol hidratado, em pequena escala: abrangência agrícola e industrial.** Dissertação de Mestrado em Engenharia de Processos UFSM. Santa Maria. 2014.

COSTA, A. C. C. **Desenvolvimento de uma metodologia expedita de cálculo da Pegada Ecológica de uma cidade – O caso de Lisboa.** Dissertação de Mestrado em Engenharia do Ambiente. Instituto Superior Técnico - Universidade Técnica de Lisboa. 2008.

FERREIRA, F. A. R. **Análise da pegada ambiental como função dos padrões de consumo de famílias portuguesas.** Dissertação de Mestrado em Engenharia do Ambiente. Faculdade de Ciências e Tecnologia. Universidade Nova de Lisboa. Portugal. 2018.

FLACHOWSKY, G.; KAMPHUES, J. Carbon Footprints for Food of Animal Origin: What are the Most Preferable Criteria to Measure Animal Yields? **Animals** 2012, 2, 108-126. 2012.

GAZZONI, D. L. **Balanco de emissões de CO₂ por biocombustíveis no Brasil: histórico e perspectivas.** Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Embrapa Soja. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Londrina, PR. 2014.

HOEKSTRA, A. Y.; CHAPAGAIN, A. K.; ALDAYA, M. M.; MEKONNEN, M. M. The Water Footprint Assessment Manual Setting the Global Standard. **The Water Footprint Assessment Manual.** Earthscan, Londres, Reino Unido. 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Indicadores do censo 2018.** Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/rs/feliz.html>>. Acesso em: 10 set. 2018.

IWM (EB). Chartered Institution of Wastes Management Environmental Body. City Limits. **A resource flow and ecological footprint analysis of Greater London.** 2002. Disponível em: <http://www.citylimitslondon.com>. Acesso em: 10 set. 2018.

KUHN, E. A. **Metabolismo de um município brasileiro de pequeno porte: o caso de Feliz, RS.** Tese de doutorado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS. 2014.

MUÑOZ, Z. R. **Water, energy and carbon footprints of a pair of leather shoes.** Master in Sustainability. KTH Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden. 2013.

PALERMO, G. C. **Emissões de gases de efeito estufa (GEE) e medidas mitigatórias da pecuária: potencialidades da intensificação e do confinamento do gado bovino de corte brasileiro.** Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Planejamento Energético, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2011.

SILVA, V. P. R. DA; ALEIXO, D. O; NETO, J. D.; MARACAJÁ, K. F. B.; ARAÚJO, L. E. Uma medida de sustentabilidade ambiental: Pegada hídrica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental v.17**, n.1, p.100–105. Campina Grande. 2013.

SONG, H. **The water, land and carbon footprints of different human diet in China.** Civil Engineering and Management MSc. University of Twente. 2017.

WWF-Brasil. **A família de pegadas.** Disponível em: https://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/especiais/pegada_ecologica/a_familia_das_pegadas/. Acesso em: 10 set. 2018.