

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DIRETORIA DE GRADUAÇÃO E EDUCAÇÃO PROFISSIONAL
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL**

DANILO FERNANDES SOARES

**A SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL DO CÂMPUS MEDIANEIRA DA
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ ATRAVÉS
DO CÁLCULO DA PEGADA ECOLÓGICA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

MEDIANEIRA

2015

DANILO FERNANDES SOARES

**A SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL DO CÂMPUS MEDIANEIRA DA
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ ATRAVÉS
DO CÁLCULO DA PEGADA ECOLÓGICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental, do curso de Engenharia Ambiental, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Me. Eduardo Borges Lied

MEDIANEIRA

2015



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Medianeira
Diretoria de Graduação e Educação Profissional
Coordenação do Curso de Engenharia Ambiental



TERMO DE APROVAÇÃO

A SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL DO CÂMPUS MEDIANEIRA DA
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ ATRAVÉS DO
CÁLCULO DA PEGADA ECOLÓGICA

por

DANILO FERNANDES SOARES

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado às 14:00h do dia 23 de novembro de 2015, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Me. Eduardo Borges Lied
Orientador

Profa. Dra. Carla Daniela Câmara
Membro titular

Prof. Me. Thiago Edwiges
Membro titular

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso -

Dedico este trabalho ao meu filho Davi,
pelos momentos de ausência.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Pedro Soares e Maria Isabel, e meus irmãos Ruan, Daniel, Kátiuscia e Matheus, pelo amor e apoio incondicional em todos os momentos.

Ao meu orientador, Prof. Me Eduardo Borges Lied, por seus conselhos, incentivo e compreensão.

À equipe do Restaurante Universitário (RU) e aos diversos departamentos administrativos do câmpus Medianeira da UTFPR, pelo apoio para a realização deste trabalho.

À instituição e seu corpo docente, por todo conhecimento que me foi passado.

À minha grande amiga, Flávia Miyamoto, por toda sua ajuda e paciência.

À Michele Antunes, por sua companhia, amizade e por estar sempre disposta em me ajudar.

Agradeço em especial à minha amiga e professora, Adriele Prisca, por sua inestimável contribuição e conselhos nesta pesquisa.

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

A Deus, por tudo.

“O homem é parte da natureza, e sua guerra contra a natureza é inevitavelmente uma guerra contra si mesmo” (CARSON, 1963).

RESUMO

SOARES, Danilo Fernandes. **A sustentabilidade ambiental do câmpus Medianeira da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.** 2015. 58 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2015.

A busca pelo desenvolvimento sustentável em todas as atividades exercidas pelo homem, desde o planejamento de grandes complexos industriais até a simples separação dos resíduos em uma residência é um dos grandes desafios da sociedade moderna. Nesse cenário, surge a importância da utilização de indicadores ambientais para a mensuração da sustentabilidade. Um câmpus universitário, como qualquer outra atividade, gera no seu cotidiano, impactos ambientais direta e indiretamente. Assim, considera-se extremamente importante que as universidades conheçam a dimensão do impacto que suas atividades causam ao meio ambiente, para então adotar medidas visando a sustentabilidade. A metodologia da Pegada Ecológica (PE) consiste em calcular o tamanho da área bioprodutiva necessária para produzir recursos e assimilar as emissões de dióxido de carbono (CO₂) produzidas pela população em estudo. Nesse contexto, buscou-se quantificar o consumo médio dos principais recursos empregados no cotidiano do câmpus Medianeira da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), durante o ano de 2015. Os resultados indicaram uma Pegada Ecológica total de 177,41 hectares, equivalente a uma área quase 15 vezes maior que o próprio câmpus. Constatou-se que o consumo de alimentos e infraestrutura e edifícios, juntos correspondem a 84% das emissões de CO₂ e da composição da PE. O consumo de energia elétrica resultou em uma área quase duas vezes maior que a área do câmpus. Enquanto que o consumo de papel e de mobilidade e transporte, por sua vez, são os que apresentam menores impactos, com menos de 4% na composição total. A contribuição *per capita* da PE do câmpus corresponde a 0,0753 gha.hab⁻¹.ano⁻¹, esse valor está próximo à PE nacional que é 0,0725 gha.hab⁻¹.ano⁻¹. Comparado a outros câmpus universitários, a UTFPR – Medianeira apresentou PE *per capita* 63% menor que a USP – São Carlos e 56% menor que da USC. Embora seja um aspecto positivo é fundamental diminuir ainda mais esse índice através da adoção de medidas mais sustentáveis junto à população do câmpus. Ressalta-se ainda a importância da Pegada Ecológica como ferramenta de fácil aplicação e compreensão dos resultados, tornando-se peça fundamental na gestão ambiental do câmpus.

Palavras-chave: Indicadores de Sustentabilidade. Universidades. Impacto Ambiental.

ABSTRACT

SOARES, Danilo Fernandes. **The Environmental Sustainability of Medianeira Campus of the Federal Technological University of Paraná by the Ecological Footprint Calculation.** 2015. 58 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2015.

The search for sustainability in all activities developed for men, since the planning of huge enterprises until the segregation of the waste in a residence is one of the biggest challenges of the modern society. In this scenario, comes up the necessity of using environmental indicators for the sustainability mensuration. A university campus, just like any other activity, generates environmental impacts daily, in a directly and indirectly way. In this way, it's extremely important that universities get know the extent of the impact that their activities have on the environment, so then, be able to adopt measures aimed at sustainability. The methodology of the Ecological Footprint (EF) is to calculate the size of bioproductive area needed to produce resources and assimilate the emissions of carbon dioxide (CO₂) produced by the study population. In this context, it sought to quantify the average consumption of mainly resources used in daily life in the campus of Medianeira at the Federal Technological University of Paraná (UTFPR), during the year 2015. The result indicates an Ecological Footprint of 177.41 hectares, equivalent to an area nearly 15 times larger than the campus itself. It was found that the consumption of foods, infrastructure and buildings, together, account for 84% of carbon dioxide emissions and the EF composition. The electricity consumption resulted in an area almost twice as large as the campus area. Whereas the consumption of paper and mobility and transport, are those that generates less impact, less than 4% of the total composition. The per capita contribution of the campus corresponds to 0.0725 gha.person⁻¹.year⁻¹. Comparing to other campus, UTFPR - Medianeira presented EF per capita is 63% lower than USP - São Carlos and 56% lowers than USC. Although it can be considered a positive aspect, it's primordial to reduce this index even more for the adoption of more sustainable practices with the campus population. It is worth noting the importance of the Ecological Footprint as an easy tool application and understanding of the results, becoming a crucial piece in the campus environmental management.

Keywords: Sustainability indicators. Universities. Environmental Impacts.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 - Sociedade, Economia, Natureza e o desenvolvimento sustentável. | 20 |
| Figura 2 - Componentes da Pegada Ecológica. | 25 |
| Figura 3 - Total de áreas bioprodutivas na Terra. | 27 |
| Figura 4 - Pegada Ecológica per capita de Países (em hectares globais). | 28 |
| Figura 5 - Ultrapassando a biocapacidade do planeta. | 30 |
| Figura 6 - Reserva e Déficit Ecológico por países. | 30 |
| Figura 7 - Macrolocalização da unidade de estudo. | 36 |
| Figura 8 - Emissões de CO ₂ e Pegada Ecológica de alimentos do câmpus Medianeira da UTFPR. | 43 |
| Figura 9 - Emissões de CO ₂ e Pegada Ecológica de cada veículo oficial do câmpus Medianeira da UTFPR. | 45 |
| Figura 10 - Composição da Pegada Ecológica do câmpus Medianeira da UTFPR. . | 49 |
| Figura 11 - Comparação de áreas da Pegada Ecológica com a área do câmpus. | 50 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1 - Ranking de países pela Pegada Ecológica total. | 28 |
| Tabela 2 - Pegada Ecológica em diferentes universidades..... | 33 |
| Tabela 3 - Quantidade de alunos matriculados nos diferentes cursos. | 37 |
| Tabela 4 - População total do câmpus | 38 |
| Tabela 5 - Quantidade per capita de alimentos consumidos por pessoa no RU do câmpus Medianeira da UTFPR | 42 |
| Tabela 6 - Emissão (t CO ₂) e PE per capita do consumo de alimentos no câmpus Medianeira da UTFPR..... | 42 |
| Tabela 7 - Veículos oficiais do câmpus e combustíveis utilizados. | 44 |
| Tabela 8 - Total de Consumo, Emissões de CO ₂ e Pegada Ecológica por tipo de combustível | 45 |
| Tabela 9 - Consumo, Emissão de CO ₂ e PE per capita de energia elétrica do câmpus Medianeira da UTFPR..... | 46 |
| Tabela 10 - Emissão de CO ₂ e Pegada Ecológica total de energia elétrica do câmpus Medianeira da UTFPR..... | 47 |
| Tabela 11 - Composição do terreno do câmpus Medianeira da UTFPR. | 47 |
| Tabela 12 - Emissão de CO ₂ e Pegada Ecológica total das áreas construídas do câmpus Medianeira da UTFPR. | 47 |
| Tabela 13 - Quantidade de papel consumida no câmpus Medianeira..... | 48 |
| Tabela 14 - Emissão de CO ₂ e Pegada Ecológica do consumo de papel..... | 48 |
| Tabela 15 - Composição da Pegada Ecológica total do câmpus Medianeira da UTFPR. | 49 |
| Tabela 16 - Comparação da Pegada Ecológica em diferentes câmpus universitários. | 51 |

LISTA DE ACRÔNIMOS E SIGLAS

| | |
|--------------|--|
| CEFET | Centro Federal de Ensino Técnico |
| COP | Conferência das Partes |
| FE | Fator de Emissão |
| GEE | Gases de Efeito Estufa |
| IES | Instituição de Ensino Superior |
| IPCC | Intergovernmental Panel on Climate Change |
| MCT | Ministério da Ciência e Tecnologia |
| MMA | Ministério do Meio Ambiente |
| ONU | Organização das Nações Unidas |
| PE | Pegada Ecológica |
| PIB | Produto Interno Bruto |
| UNCED | United Nations Conference on Environment and Development |
| USC | Universidade de Santiago de Compostela |
| USP | Universidade de São Paulo |
| UTFPR | Universidade Tecnológica Federal do Paraná |
| WWF | World Wildlife Fund |

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO | 14 |
| 2 OBJETIVOS | 16 |
| 2.1 OBJETIVO GERAL | 16 |
| 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 16 |
| 3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA | 17 |
| 3.1 RECURSOS NATURAIS | 17 |
| 3.2 SUSTENTABILIDADE | 18 |
| 3.3 CAPACIDADE DE SUPORTE | 21 |
| 3.4 INDICADORES AMBIENTAIS | 22 |
| 3.5 PEGADA ECOLÓGICA | 24 |
| 3.5.1 Biocapacidade | 29 |
| 3.5.2 Pegada de Carbono | 31 |
| 3.5.2.1 Fator de Emissão | 32 |
| 3.5.2.2 Absorção de CO ₂ | 32 |
| 3.5.3 A Pegada Ecológica no Contexto Universitário | 33 |
| 4 METODOLOGIA | 35 |
| 4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO | 35 |
| 4.1.1 O câmpus Medianeira | 35 |
| 4.2 RECURSOS CONSIDERADOS | 38 |
| 4.2.1 Alimentos..... | 38 |
| 4.2.2 Mobilidade e Transporte..... | 38 |
| 4.2.3 Energia Elétrica | 39 |
| 4.2.4 Infraestrutura e Edifícios..... | 39 |
| 4.2.5 Papel (virgem e reciclado)..... | 39 |
| 4.3 COLETA DE DADOS | 39 |
| 4.4 ESTIMATIVA DE EMISSÃO DE DIÓXIDO DE CARBONO (CO ₂)..... | 40 |
| 4.5 CÁLCULO DA PEGADA ECOLÓGICA | 41 |
| 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 42 |
| 5.1 CONSUMO DE ALIMENTOS | 42 |
| 5.2 MOBILIDADE E TRANSPORTE | 44 |
| 5.3 CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA | 46 |

| | |
|---|-----------|
| 5.4 INFRAESTRUTURA E EDIFÍCIOS | 47 |
| 5.5 CONSUMO DE PAPEL (VIRGEM E RECICLADO) | 48 |
| 5.6 SÍNTESE GERAL DA PEGADA ECOLÓGICA DO CÂMPUS MEDIANEIRA DA UTFPR | 49 |
| 5.6.1 Comparação da Pegada Ecológica entre Universidades | 51 |
| 6 CONCLUSÃO | 53 |
| REFERÊNCIAS..... | 54 |

1 INTRODUÇÃO

O século XX ficou marcado na história da humanidade por presenciar diversos fatos que mudaram o mundo, como: desenvolvimento da ciência, crescimento da economia, avanços tecnológicos, descobertas espaciais e genéticas, crescimento industrial, entre outros. Por outro lado, estas conquistas da sociedade moderna alavancaram o aumento da pressão exercida pelo homem no planeta, principalmente em função do processo de intensa urbanização e do crescimento acelerado da população mundial, condições essas e outras que intensificaram a ocorrência de aspectos como, a baixa qualidade de vida, má distribuição de alimentos, redução da biodiversidade e poluição.

A partir de tais premissas, torna-se primordial a busca por um meio de desenvolvimento que respeite o equilíbrio dinâmico da sustentabilidade, compreendendo todos os seis pilares do desenvolvimento sustentável: social, cultural, ecológico, geográfico, econômico e tecnológico. Portanto, este é o grande desafio da sociedade moderna: buscar a sustentabilidade em todas as atividades, desde o planejamento de grandes complexos industriais até a simples separação de resíduos em uma residência.

Nesse contexto, surge a importância da utilização de indicadores ambientais para a mensuração da sustentabilidade. Segundo Melo (2013), um indicador propõe ações que objetivam frear os impactos negativos sobre o meio ambiente e, ao mesmo tempo, despertar a consciência sobre novos padrões de consumo e estilos de vida.

Apesar de não haver um consenso sobre o melhor método de avaliação de sustentabilidade, o cálculo da Pegada Ecológica é bastante utilizado mundialmente, em função de sua metodologia e resultados serem relativamente simples de serem aplicados e interpretados. Além disso, possui potencial didático e, pode ser aplicado em qualquer atividade que cause impactos ao meio ambiente, como: indústrias, comércios, escolas e universidades, pode-se até mesmo calcular a Pegada Ecológica de um único indivíduo.

Amaral (2010) afirma que, as universidades, como centros de produção de conhecimento e protagonistas de ações em educação, vêm sendo convocadas a adotar diretrizes mais sustentáveis na gestão de seus câmpus universitários. Sabe -

se que as universidades não são apenas geradoras de profissionais, são principalmente, formadoras de cidadãos conscientes de seus impactos socioambientais, de suas responsabilidades e conhecimentos para mudar sistemas vigentes que prejudicam o meio ambiente e conseqüentemente a qualidade de vida de toda a sociedade.

O funcionamento de um câmpus universitário gera impactos ambientais diretos e indiretos. Onde, os diretos são considerados apenas os que se dão por atividades que ocorrem dentro dos limites territoriais do câmpus, como: materiais de escritório, energia, alimentos; além de gerar grande quantidade de resíduos sólidos e efluentes. Os impactos indiretos, por sua vez, são aqueles que ocorrem, pelas atividades relacionadas ao câmpus, por exemplo: O combustível utilizado pelo automóvel que irá liberar poluentes atmosféricos no transporte do aluno ou funcionário. Por fim, considera-se extremamente importante que as universidades conheçam o tamanho da sua Pegada Ecológica, ou seja, a dimensão do impacto que suas atividades causam, direta ou indiretamente, ao meio ambiente, para então poder adotar medidas visando à sustentabilidade.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Aplicar a metodologia de cálculo da Pegada Ecológica no câmpus Medianeira da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Levantar o consumo anual dos principais recursos empregados no cotidiano da universidade;
- Calcular as emissões de dióxido de carbono (CO₂) geradas por esses recursos;
- Calcular a área de floresta bioprodutiva necessária para absorver as emissões de CO₂;
- Mensurar a sustentabilidade do câmpus, através da utilização do indicador ambiental;
- Propor medidas que visem a redução dos impactos ambientais gerados pela universidade;

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 RECURSOS NATURAIS

Recursos Naturais são elementos encontrados na natureza e que possuem grande importância para a sustentação da vida humana moderna e equilíbrio do planeta. Usualmente são divididos em renováveis (água, energia solar, biomassa, e entre outros) e não-renováveis (combustíveis fósseis), devido ao tempo de reposição natural. Possuem grande envolvimento com o desenvolvimento tecnológico e industrial e, conseqüentemente com a economia. Porém, isso não significa necessariamente que países com abundância de recursos naturais, sejam desenvolvidos economicamente. Como observado por Venturi (2006):

Ao analisarmos comparativamente, nações ricas em recursos naturais e seus respectivos IDHs (Índice de Desenvolvimento Humano) e PIBs (Produto Interno Bruto), torna-se clara a impossibilidade de se relacionar diretamente recursos naturais com desenvolvimento. Nações que apresentam exíguas reservas de recursos naturais podem apresentar índices de desenvolvimento muito altos (a exemplo do Japão); por outro lado, no Brasil, onde há grande disponibilidade de praticamente todos os recursos demandados pelo mundo contemporâneo, não se verifica uma reversão correspondente dessa riqueza em benefício social, fato que atribui especial importância às questões políticas e econômicas no estudo dos recursos naturais. (VENTURI, 2006, p. 15).

Nesse contexto, Recurso natural é definido por Venturi (2006, p. 15), como: “qualquer elemento ou aspecto da natureza que esteja em demanda, seja passível de uso ou esteja sendo usado direta ou indiretamente pelo homem como forma de satisfação de suas necessidades físicas e culturais, em determinado tempo e espaço”.

Analisando-se do ponto de vista integrado, os recursos naturais proporcionam uma série de serviços ambientais, sendo eles tangíveis ou intangíveis. Portanto, recursos naturais tangíveis são todos aqueles que são passíveis de valoração econômica, como: madeira, água, solo, entre outros. Os recursos ou serviços ambientais intangíveis, por sua vez, apresentam certa complexidade maior, em virtude da dificuldade de valorar os serviços que prestam direta ou indiretamente

para o bem-estar humano, através das dinâmicas e complexas interações entre os diversos componentes do meio ambiente (ANDRADE; ROMEIRO, 2009).

3.2 SUSTENTABILIDADE

A revolução industrial foi o grande marco para o crescimento do setor econômico e tecnológico. Levou à substituição das ferramentas pelas máquinas, da energia humana pela energia motriz, do modo de produção doméstico pelo sistema fabril e, conseqüentemente à transformação das grandes nações europeias. Para Carmo (2008, p. 20), “essa fase do desenvolvimento econômico da humanidade não considerou as suas possíveis conseqüências negativas, especialmente aquelas relacionadas aos aspectos ecológicos e sociais”.

Somente na segunda metade do século passado, as questões ambientais começaram a ter relevância em nível mundial, com o início de um período marcado por, segundo Seiffert (2009 *apud* NEVES, 2013, p.18) “uma série de eventos de grande importância histórica fundamentais para a melhoria do controle ambiental nos ecossistemas urbanos que levaram ao amadurecimento dos conceitos de desenvolvimento sustentável”.

A publicação do livro *Primavera Silenciosa*, de Rachel Carson é considerada como o marco inicial das discussões internacionais sobre o meio ambiente. No entanto, por ser um estudo acadêmico, sua importante contribuição foi restrita. Um dos documentos mais importantes, em termos de repercussão entre os cientistas e os governantes foi o Relatório Meadows, conhecido como Relatório do Clube de Roma e o que propõe crescimento econômico zero e influenciou, de maneira decisiva, o debate na conferência de Estocolmo, realizado em 1972. Nessa conferência, foram tratados problemas políticos, sociais e econômicos do meio ambiente global em uma instância intergovernamental, assim, foi criado o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) e, com ele, firmou-se um entendimento sobre as relações entre o ambiente e o desenvolvimento (NEUBAUER; DIAS; PALADINI, 2010).

Nesse cenário, surge em 1987 o conceito de desenvolvimento sustentável, na Comissão Mundial da ONU sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (UNCED),

no documento denominado “Nosso futuro comum”, também conhecido como Relatório de Brundtland, que define desenvolvimento sustentável como sendo o desenvolvimento capaz de suprir as necessidades da geração atual sem comprometer as necessidades das futuras gerações (BRUNDTLAND, 1987).

Essa definição se consolidou com a realização da Conferência Mundial para o Meio Ambiente e Desenvolvimento na cidade do Rio de Janeiro, em 1992, com sua inserção na Agenda 21 e na Declaração do Rio sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, levando profissionais e mídias em geral, políticos e pesquisadores a inserirem-na em seus trabalhos e discursos (AMARAL, 2010).

Com a disseminação do conceito de desenvolvimento sustentável apresentado no Relatório de Brundtland e discutido na Rio-92, as questões ambientais passaram a ser cada vez mais compreendidas pela visão ampliada que contempla as questões sociais (CARMO, 2008).

É um conceito simples e que pode ser mais facilmente compreendido, com a seguinte analogia de Moura (2006):

Imagine que você possui uma caderneta de poupança e seja esta sua única forma de sobrevivência, seu único ganho. Para que o processo fique sustentável no futuro, ou seja, você consiga sobreviver na velhice, você somente poderia viver dos juros dessa poupança, sem mexer no capital, pois, de outra forma, seu patrimônio ficaria cada vez mais reduzido, até o ponto que você não conseguiria sobreviver (MOURA, 2006, p. 15).

Na natureza funciona da mesma maneira, onde o capital aplicado são os recursos naturais. Explorá-los de forma mal planejada, acarreta em falência do sistema, uma vez que não são substituíveis. Portanto, uma sociedade sustentável é aquela que não coloca em riscos seus recursos naturais dos quais depende (CEZAR; NORO, 2013).

Nesse contexto, Wackernagel e Rees (1996) fazem a seguinte analogia:

Imagine um balde sendo cheio com água a uma taxa fixa. A água no balde é o estoque que só pode ser retirado na mesma taxa que o balde é cheio. Essa seria uma taxa sustentável. De forma similar, a natureza é o balde que é continuamente alimentado pelo sol: fotossíntese produz matéria orgânica, a base para todo o capital biológico. Sustentabilidade implica na utilização do capital natural na mesma taxa em que ele é produzido. No entanto, comércio e tecnologia possibilitaram a exploração progressiva da natureza além dos níveis sustentáveis. Isso faz com que futuras gerações tenham um capital natural de menor qualidade e produtividade (WACKERNAGEL; REES, 1996 apud PEREIRA, 2008, p.19)

A promoção da sustentabilidade ambiental impõe o conhecimento e o desenvolvimento de novos processos de apreensão da realidade que permitam a percepção integrada dos diferentes fatores sociais, econômicos e ecológicos (TAVARES; AGRA FILHO, 2011). Essa percepção pode ser ainda mais abrangente e específica, como observado na Figura 1.

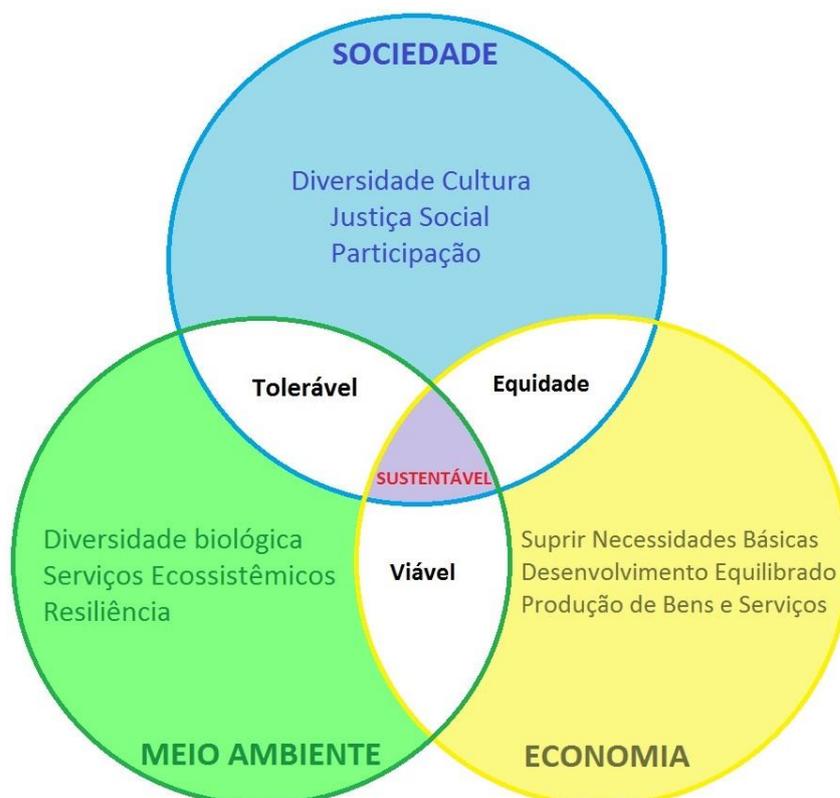


Figura 1 - Sociedade, Economia, Natureza e o desenvolvimento sustentável.
Fonte: Adaptado de PEREIRA (2008)

Portanto, colocar em prática a sustentabilidade é um dos principais desafios da sociedade moderna, embora seja de fácil entendimento, sua aplicação é um tanto complexa devido à necessidade de equilíbrio dos três fatores envolvidos: Sociedade, Natureza e Economia. Esses por sua vez, possuem uma gama de outros fatores que devem ser observados para alcançar o desenvolvimento sustentável. Como afirma Amaral (2010, p 17), “a discussão sobre sustentabilidade ou desenvolvimento sustentável não pode estar desvinculada dos aspectos temporais, geográficos, culturais, sociais, econômicos e ambientais do contexto que está sendo estudado”. Em outras palavras, o uso do termo desenvolvimento sustentável muitas vezes está restrito a um conjunto de intenções que na prática não se concretiza pela necessidade de romper paradigmas e interesses políticos e capitalistas enraizados

em nações que não pretendem pôr em risco o seu atual padrão de desenvolvimento (CARMO, 2008)

3.3 CAPACIDADE DE SUPORTE

A capacidade de suporte ou capacidade de carga do ambiente representa a capacidade máxima de impactos que um determinado ambiente suporta, sem que seja afetada a sua resiliência. Ecologistas definem capacidade de suporte como o tamanho máximo da população de uma espécie que uma determinada área pode suportar sem reduzir sua habilidade de manter essa mesma espécie por um período indefinido de tempo (DAILY; EHRLICH, 1992).

A relação entre população, demanda e disponibilidade de recursos naturais determina a capacidade de suporte. Como definido por Maduro-Abreu et al (2009, p. 75), “a capacidade de carga refere-se ao tamanho máximo estável de uma população, determinado pela quantidade de recursos disponíveis e pela demanda mínima individual”. “Ela é definida pelo seu fator mais limitante e pode ser melhorada ou degradada pelas atividades humanas” (MONTEIRO, 2010, p. 26).

Segundo Rees (1992 apud CARMO, 2008), a capacidade de suporte para os seres humanos deve ser definida como: o máximo nível de recursos consumidos e resíduos descartados que podem ser sustentados em uma dada região sem impactar progressivamente a integridade funcional e a produtividade dos ecossistemas.

Portanto, torna-se fundamental que haja equilíbrio entre os níveis de consumo, os estilos de vida, utilização de recursos, assimilação de resíduos com a capacidade ecológica, para que não se consuma os recursos em tempo menor que sua regeneração (CIDIN; SILVA, 2004).

3.4 INDICADORES AMBIENTAIS

Segundo Pereira (2008, p. 23), “indicadores são parâmetros selecionados e considerados isoladamente ou combinados entre si, sendo especialmente úteis para refletir sobre determinadas condições dos sistemas em análise”. Possuem ampla utilização em diversos segmentos da sociedade, por exemplo, no setor econômico, com índices de inflação, bolsa de valores e PIB. Na saúde, com taxas de natalidade e mortalidade, além das áreas de educação, meio ambiente, entre outros (PEREIRA, 2008).

Todos os indicadores, independente do segmento de aplicação, possuem em comum a função básica de simplificar ou resumir informações relevantes sobre fenômenos complexos, facilitando a compreensão destes (ANDRADE; VAN BELLEN, 2006). “Indicadores têm como principal objetivo tornar compreensível um conjunto de fenômenos que não são facilmente percebidos” (LEITE; VIANA, 2001 p. 3).

O fator limitante na utilização de indicadores está na falta de exatidão do cenário real. Maduro-Abreu et al (2009) destaca que, “embora representem uma realidade de maneira técnica e sirvam de base para orientar políticas, os indicadores carregam em si uma grande parcela de subjetividade e certa carga ideológica”. Amaral (2010, p. 19) reforça que, “indicadores são retratos da realidade e não a realidade em si”.

Em suma, “a função de um indicador é fornecer uma pista de um problema de grande importância ou tornar perceptível uma tendência que não está imediatamente visível, favorecendo maior dinamismo no processo de gestão” (PHILIPPI, 2005 apud CARMO, 2008 p.28).

Os indicadores ambientais passaram a ganhar atenção no cenário mundial no final dos anos 70, embora se possa dizer que desde meados do século XIX há registros de indicadores, utilizando dados de qualidade do ar e temperatura. Contudo, pesquisas em torno da definição de indicadores de sustentabilidade começaram a acontecer no cenário mundial logo após a introdução do conceito de desenvolvimento sustentável no Relatório de Brundtland em 1987 (CARMO, 2008).

No Brasil as pesquisas sobre indicadores de sustentabilidade foram intensificadas após a realização da Conferência Rio-92 (CARMO, 2008), como demonstrado no Quadro 1.

| | |
|---------------|---|
| 1994 | Prefeitura de Belo Horizonte adotou o Índice de Qualidade de Vida Urbana (IQVU) com onze variáveis (abastecimento, assistência social, educação, esportes, cultura, habitação, infraestrutura urbana, meio ambiente, saúde, serviços urbanos e segurança urbana) que foram decompostas em 29 componentes que por sua vez se desdobram em 75 indicadores |
| 1995 | Programa Nacional de Indicadores de Sustentabilidade (PNIS) do Ministério do Meio Ambiente. |
| 1997 | Índice de Sustentabilidade de Blumenau (ISB) elaborado pela Fundação Municipal de Meio Ambiente (FAEMA), em parceria com a Universidade de Blumenau (FURB). |
| 1998 | Programa Nacional Integrado de Monitoramento Ambiental (Monitore) com o objetivo de coordenar, articular e disseminar práticas de monitoramento ambiental, promover o intercâmbio de informações sobre a qualidade ambiental e assim possibilitar uma análise integrada no Brasil buscando a inter-relação com os principais fatores de pressão, tendo sido adotado o modelo Pressão-Estado-Resposta da OCDE. O Programa não foi adiante e em 2000 foi interrompido. |
| 2002 | IBGE lança o livro "Indicadores de Desenvolvimento Sustentável" apresentando 50 indicadores que contemplam as dimensões social, ambiental, econômico e institucional. |
| 2002 | GEO Cidade de São Paulo é uma publicação sobre o Panorama do Meio Ambiente Urbano da Prefeitura de São Paulo (PMSP) e do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA). Iniciado em 2002 com a primeira publicação em 2004. |
| 2008 | IBGE lança o livro "Indicadores de Desenvolvimento Sustentável - 2008" apresentando 60 indicadores que contemplam as dimensões social, ambiental, econômico e institucional |
| 2010/ 2012 | A World Wide Found for Nature (WWF), Organização não governamental (ONG) internacional, divulga uma série de relatórios de cálculo de Pegada Ecológica das grandes cidades brasileiras |

Quadro 1: Pesquisas realizadas no Brasil sobre Indicadores de Sustentabilidade Ambiental.
Fonte: Adaptado de Carmo (2008)

Nesse contexto, os indicadores surgiram como peça fundamental nos estudos e pesquisas na área de sustentabilidade. Criar indicadores para a sustentabilidade significa elaborar uma base estatística para medir os resultados das políticas sociais, ambientais e de desenvolvimento econômico (WWF, 2012).

Segundo Amaral (2010, p. 20), "indicadores de sustentabilidade são parâmetros que servem para o monitoramento da (in)sustentabilidade, processo dinâmico e permanente, do modelo de desenvolvimento adotado".

Atualmente, existem várias metodologias que fazem uso de indicadores de sustentabilidade, como: Pressão – Estado – Resposta; Índice de Desenvolvimento Humano (IDH); Barômetro da Sustentabilidade; Análise Emergética; Pegada Ecológica; entre outros. Porém, até o momento não existe um indicador ambiental que seja universalmente aceito. Atualmente sobressaem-se os indicadores de origem ecológica, pois compreendem os recursos naturais, como: água, solo, ar, biodiversidade, entre outros (TAVARES; AGRA FILHO, 2008).

Segundo Amaral (2010, p. 24), “dentre as diversas possibilidades de indicadores encontrados na literatura, a Pegada Ecológica apresenta-se como um indicador de sustentabilidade mais voltado para a dimensão ambiental do desenvolvimento sustentável”. A Pegada Ecológica possibilita relacionar o consumo de recursos naturais com a capacidade do ecossistema para produzir recursos e assimilar os resíduos gerados, sinalizando se a biocapacidade já foi extrapolada (TAVARES; AGRA FILHO, 2008).

3.5 PEGADA ECOLÓGICA

A metodologia da Pegada Ecológica (PE) ou *Ecological Footprint* foi desenvolvida na década de 90 do século passado pelos pesquisadores Mathis Wackernagel e William Rees, da *University of British Columbia*, publicada no livro “Our Ecological Footprint – Reducing Human Impact on the Earth”. Atualmente, o método contábil da Pegada Ecológica é coordenado pela *Global Footprint Network*, fundada em 2003, e suas 50 organizações parceiras. (WWF, 2012).

A Pegada Ecológica é um indicador de sustentabilidade que se apoia no conceito da capacidade de suporte, com linhas de raciocínio parecidas, porém de metodologias contrárias. Enquanto que a capacidade de suporte estima o número máximo de indivíduos que podem usufruir dos bens de um determinado habitat, a metodologia da Pegada Ecológica calcula o total de área de terra produtiva e de água demandada continuamente para produzir todos os recursos consumidos e para assimilar todos os resíduos produzidos por uma dada população (WACKERNAGEL; REES, 1996).

São apontadas seis atividades que envolvem por diversos motivos o uso de áreas terrestres e marítimas, sendo somente essas consideradas como áreas bioprodutivas (COSTA, 2008), ilustrados na Figura 2.



Figura 2 - Componentes da Pegada Ecológica.
Fonte: WWF (2012)

O Relatório da *World Wildlife Fund* – Brasil (WWF, 2012), define cada tipo de área bioprodutiva da seguinte forma:

- **Terra de Energia:** Calculada como a quantidade de floresta necessária para absorver as emissões de Dióxido de Carbono (CO₂) derivadas da queima de combustíveis fósseis, mudanças no uso da terra e processos químicos, com exceção da parcela absorvida pelos oceanos. Essas emissões são o único produto residual contido na Pegada Ecológica;
- **Terra de Pastagem:** Calculada a partir da área utilizada para a criação de gado de corte, leiteiro e para a produção de couro e produtos de lã;
- **Área Florestal:** Calculada com base no consumo anual de madeira serrada, celulose, produtos de madeira e lenha de um país;
- **Área Marítima Produtiva:** Calculada a partir da estimativa de produção primária necessária para sustentar os peixes e mariscos capturados, com

base em dados de captura relativos a 1.439 espécies marinhas diferentes e mais de 268 espécies de água doce;

- **Área de Cultivo:** Calculada com base na área utilizada para produzir alimentos e fibras para o consumo humano, ração para o gado, oleaginosas e borracha;
- **Área Construída:** Calculada com base na área de terras cobertas por infraestrutura humana, inclusive transportes, habitação, estruturas industriais e reservatórios para a geração de energia hidrelétrica;

Além dessas seis diferentes áreas que de alguma forma funcionam como áreas bioprodutivas, deve-se incluir as áreas utilizadas para receber os resíduos gerados. Além disso, destaca-se como fator limitante da metodologia da Pegada Ecológica a exclusão porções de terra onde a produtividade supostamente é insignificante, como: tundras, desertos, geleiras e mar aberto (PEREIRA, 2008).

Originalmente, não é considerado o potencial dos oceanos em absorver o CO₂, pois esta absorção varia em função da temperatura das águas (WACKERNAGEL; SILVERSTEIN, 2000 apud TAVARES; AGRA FILHO, 2011). Este é um dos fatores limitantes desta metodologia. Segundo Cidin; Silva (2004) os oceanos do mundo absorvem cerca de 35% do CO₂ proveniente das emissões da combustão de combustíveis fósseis.

As áreas consideradas bioprodutivas do planeta estão distribuídas em diferentes porcentagens, como demonstra a Figura 3.

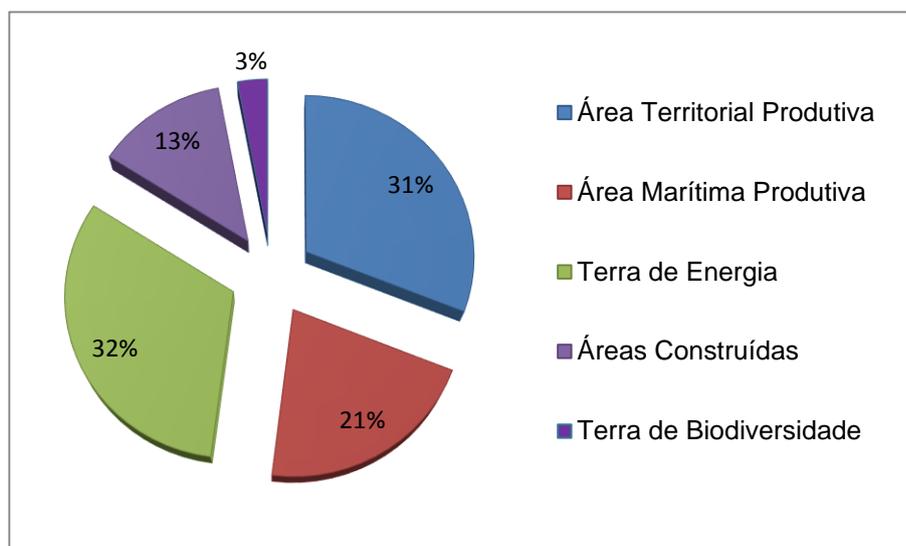


Figura 3 - Total de áreas bioprodutivas na Terra.
Fonte: Adaptado de Andrade & Van Bellen (2006).

Nesse cenário, com os oceanos não sendo considerados como áreas bioprodutivas para efeito de cálculo da Pegada Ecológica, áreas territoriais produtivas (cultivo e pastagem) e de Terra de Energia representam mais da metade da área bioprodutiva do planeta.

Para calcular a Pegada Ecológica de um determinado sistema, deve-se inicialmente saber quais são os consumos com maior demanda (água, energia, combustível, área construída, papel, alimentos e entre outros) e assim trabalhar com a quantificação mensal ou anual desses insumos, convertendo o uso destes em hectares globais (gha) de terra bioprodutiva. O gha não é apenas uma unidade de área, mas uma unidade de produção ecológica associada a uma área, cujos resultados podem também ser expressos em hectares (WWF, 2012).

A metodologia de cálculo da Pegada Ecológica, apesar de recente, encontra-se amplamente difundida no mundo inteiro, por apresentar uma série de vantagens, dentre elas: auxilia no desenvolvimento de estratégias e cenários futuros aplicáveis em várias escalas: individual, familiar, regional, nacional e mundial em direção à sustentabilidade (CIDIN; SILVA, 2004)

No cenário mundial, as organizações *Global Footprint Network* e *World Wildlife Fund* (WWF), são as mais atuantes neste ramo de pesquisa, realizando periodicamente estudos de cálculos da Pegada Ecológica de países, cidades e instituições.

O estudo realizado pela *Global Footprint Network* (2011) aponta os países que apresentam as maiores taxas de Pegada Ecológica, como descrito na Tabela 1.

Tabela 1 - Ranking de países pela Pegada Ecológica total

| Posição | País | Pegada Ecológica (gha) |
|---------|----------------|------------------------|
| 1 | China | 3.500.000.000 |
| 2 | Estados Unidos | 2.100.000.000 |
| 3 | Índia | 1.100.000.000 |
| 4 | Rússia | 640.000.000 |
| 5 | Brasil | 560.000.000 |
| 6 | Japão | 480.000.000 |
| 7 | Alemanha | 360.000.000 |
| 8 | Indonésia | 330.000.000 |
| 9 | México | 290.000.000 |
| 10 | França | 260.000.000 |

Fonte: Adaptado de Adaptado de *Global Footprint Network* (2011).

Dentre os dez países mais populosos do mundo, sete (China, Estados Unidos, Índia, Brasil, Indonésia, Rússia e Japão) estão entre os detentores das maiores Pegadas. Entretanto, ao analisarmos de forma “per capita” essa composição do ranking sofre alterações significativas, como demonstradas na Figura 4.

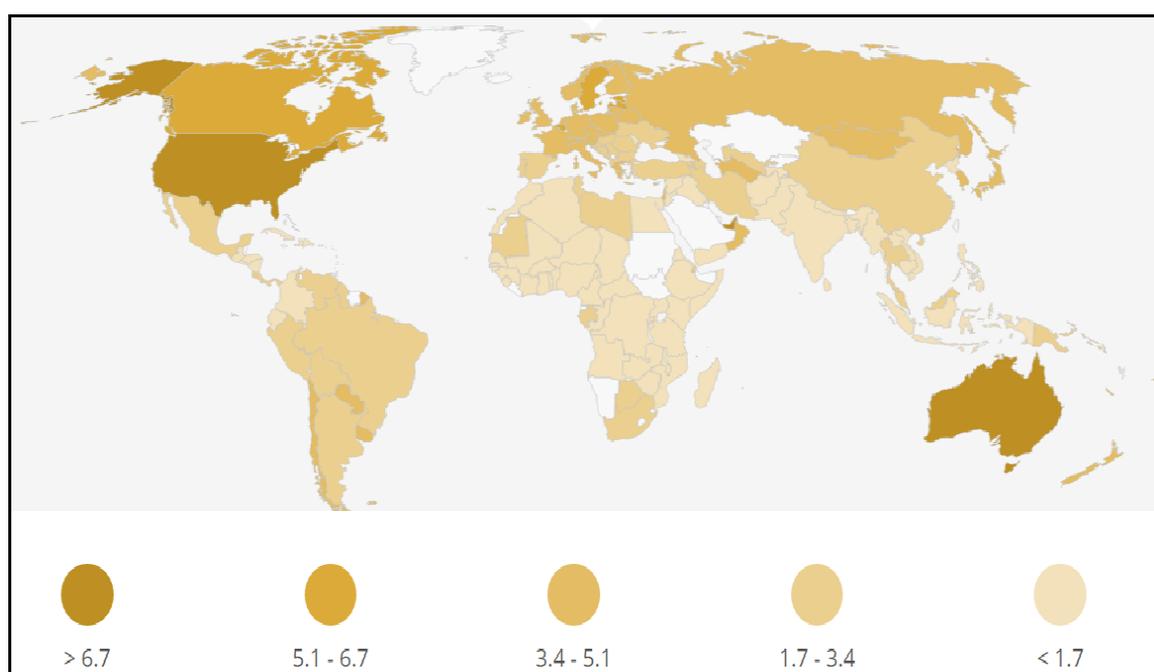


Figura 4 - Pegada Ecológica per capita de Países (em hectares globais).

Fonte: Adaptado de Adaptado de *Global Footprint Network* (2011).

A Pegada Ecológica *per capita* é a Pegada Ecológica total de uma nação dividida pela população total do país. Assim, países como Austrália e a totalidade do hemisfério norte apresentam valores mais impactantes. Essa mudança significativa se deve ao fato de que, a composição está intimamente ligada ao estilo de vida da população. (Global Footprint Network, 2011).

Partindo dessa premissa, para se viver de maneira sustentável, ou seja, dentro da disponibilidade de recursos do nosso planeta, a Pegada Ecológica da população mundial teria que igualar a biocapacidade disponível por pessoa no nosso planeta, que atualmente é de 1,7 hectares globais (gha). Então, se a Pegada Ecológica *per capita* de um país é 6,8 hectares globais, seus cidadãos estão exigindo quatro vezes os recursos e resíduos que o nosso planeta tem condições de regenerar e absorver, conseqüentemente (WWF, 2012).

3.5.1 Biocapacidade

Biocapacidade é um conceito bastante utilizado na avaliação da Pegada Ecológica, sendo definida como “a capacidade que os ecossistemas têm em produzir recursos naturais renováveis para o consumo humano e absorver os resíduos gerados pelas atividades da população” (WWF, 2012, p. 26).

Uma pegada maior que a biocapacidade indica que a demanda excede a capacidade regenerativa do capital natural existente. Isto representa que o sistema, da forma como é administrado, é insustentável (PEREIRA, 2008).

O levantamento realizado pela *Global Footprint Network* (2011), representado na Figura 5, demonstra que o planeta Terra se encontra à beira do colapso. Onde, em um intervalo de aproximadamente 50 anos, entre 1961 e 2012 a utilização das áreas bioprodutivas mundial saltou de 74% para 156% da biocapacidade do planeta, ou seja, excedeu-se a capacidade do planeta em absorver os resíduos e gerar recursos.

Ultrapassando nós mesmos

Como nossa Pegada Ecológica continua excedendo a biocapacidade do planeta, estamos usando o saldo do futuro.



Figura 5 - Ultrapassando a biocapacidade do planeta.

Fonte: Adaptado de *Global Footprint Network* (2012)

Quando a Pegada Ecológica é maior do que a Biocapacidade existe um Déficit Ecológico na região. Quando ocorre o contrário, verifica-se a existência de uma Reserva Ecológica, isto é, os recursos não são utilizados além da capacidade do meio ambiente natural em renová-los (ANDRADE; VAN BELLEN, 2006), como ilustrado na Figura 6.

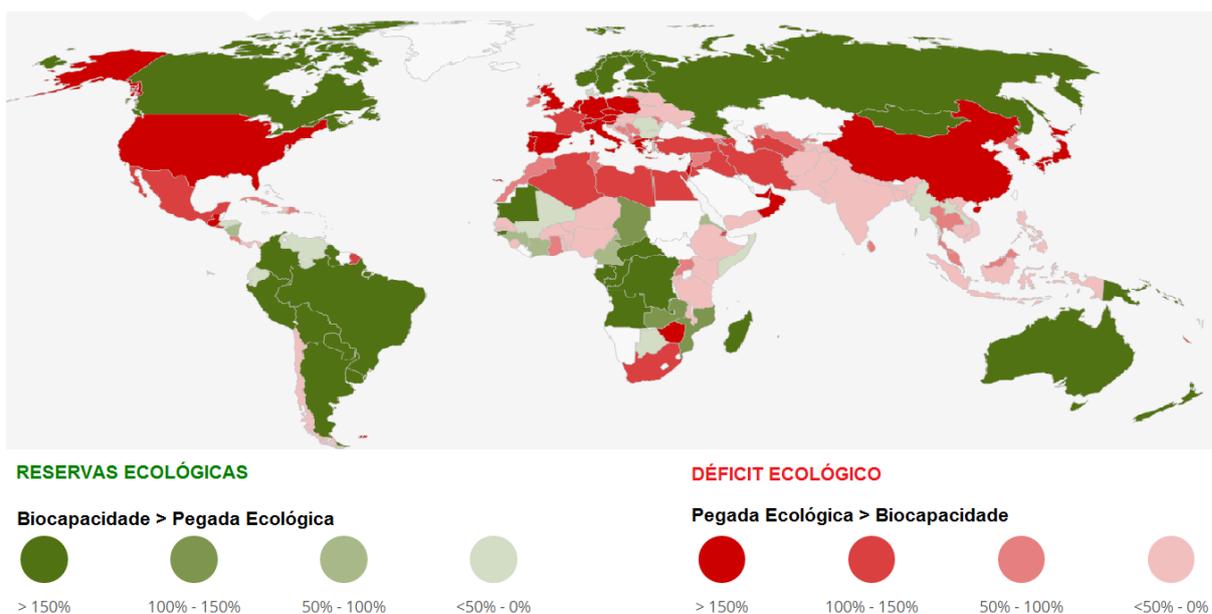


Figura 6 - Reserva e Déficit Ecológico por países.

Fonte: Adaptado de *Global Footprint Network* (2011).

Poucos países possuem biocapacidade maior que a própria Pegada Ecológica, o Brasil está entre eles.

Quanto aos países que apresentam Déficit Ecológico, pode-se inferir que esses são, em sua maioria, localizados em regiões desérticas que não são consideradas como áreas bioprodutivas nessa metodologia ou países desenvolvidos relacionados no Anexo I da Convenção Quadro de Mudança Climática, esses por sua vez firmaram metas de redução das emissões totais de Gases de Efeito Estufa (GEE) no Protocolo de Quioto em 1997, durante a Terceira Conferência das Partes - COP3. Esse encontro tinha a finalidade propor metas para conter e reverter o acúmulo de CO₂ na atmosfera (RENNER, 2004).

3.5.2 Pegada de Carbono

A Pegada de Carbono é um componente da Pegada Ecológica e está pautada principalmente pelo consumo de bens e serviços e pela emissão de gases de efeito estufa gerada por este consumo. Assim, a Pegada de Carbono se permite atuar como complemento dos Inventários de GEE, que contemplam a emissão pela produção, não pelo consumo. Esta ramificação da Pegada Ecológica surge como uma alternativa que pode ser aplicada a produtos, processos, empresas, indústrias, setores e indivíduos, governos, populações, entre outros, que não possuem impactos significativos em todos os componentes da PE tradicional (WWF, 2012).

A Pegada de Carbono tem por finalidade mensurar o tamanho da área de florestas, expressas em hectares globais (gha), capaz de absorver carbono ou carbono equivalente (em KgCO₂) que é emitido diretamente ou indiretamente por uma atividade humana ou é acumulada ao longo da vida útil de um produto (WWF, 2012). Cada recurso consumido possui um fator de emissão de CO₂ associado que inclui a quantidade de carbono emitida em seu ciclo de vida, durante a extração, produção, consumo e destinação. Em um processo natural, o CO₂ emitido é absorvido pelas vegetações (AMARAL, 2010).

3.5.2.1 Fator de Emissão

O Fator de Emissão (FE) é resultante do quociente entre emissões médias de GEE e um dado de atividade específico, geralmente utilizado para se estimar as emissões de Dióxido de Carbono (CO₂) relativas a uma atividade produtiva. Estes fatores são calculados por instituições especializadas e teses científicas ao redor do mundo e chanceladas por organizações respeitadas, como: Ministério do Meio Ambiente (MMA), Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas, mais conhecido pelo acrônimo IPCC (da sua denominação em inglês *Intergovernmental Panel on Climate Change*), entre outros (ICO2, 2013).

3.5.2.2 Absorção de CO₂

As florestas exercem uma função importante para o equilíbrio do meio ambiente: durante o crescimento absorvem o CO₂ da atmosfera, armazenando carbono em sua biomassa através da realização da fotossíntese, esse processo forma grandes reservatórios de carbono. O carbono é utilizado para formar a parte lenhosa e quanto mais rápido o crescimento, maior a absorção. Portanto, as florestas funcionam como o maior reservatório de carbono, contendo cerca de 80% de todo o carbono estocado na vegetação terrestre e cerca de 40% do carbono presente nos solos (RENNER, 2004)

Os biomas apresentam diferentes taxas de crescimento, absorção e estoques de carbono. As florestas tropicais são capazes de estocar muito mais carbono por hectare na vegetação do que as florestas boreais. Por outro lado, essa situação se inverte quando se trata de carbono estocado no solo (CAMPOS, 2001).

Nesse contexto, há uma grande divergência nos valores encontrados para a Taxa de Absorção de CO₂ por florestas, uma vez que o cálculo dessa taxa envolve diversas variáveis, como: clima, tipo de solo, bioma, e entre outros (AMARAL, 2010).

3.5.3 A Pegada Ecológica no Contexto Universitário

Para o funcionamento de um câmpus universitário, exige-se naturalmente uma demanda de infraestrutura (saneamento básico, serviços de alimentação, transporte, manutenção, consumo de água e energia elétrica, entre outros) para atender sua população (alunos, professores, funcionários e visitantes). As Instituições de Ensino Superior (IES) devem se comprometer integralmente com a sustentabilidade, uma vez que, são capazes de influenciar direta e indiretamente sua população através do incentivo a priorizar fontes alternativas de energia, tecnologias ecoeficientes, preservar remanescentes florestais nativos, administrar corretamente resíduos sólidos, entre outros. Atualmente, as IES são vistas como as melhores candidatas a servir de exemplo prático para a sustentabilidade, por sua contribuição para a sociedade com o desenvolvimento de pesquisas e inovações tecnológicas (OTERO, 2010).

Apesar da relevância, o tema da sustentabilidade em contextos universitários ainda é pouco explorado. Leme (2008, p. 47) considera que o “tema é relativamente novo e carece de uma sistematização científica sobre como os processos para incorporar a sustentabilidade na vida universitária vêm ocorrendo”.

Nesse contexto, a Pegada Ecológica surge como uma ferramenta auxiliar de gestão para diminuir e corrigir os impactos negativos causados pelas atividades da universidade, por meio da gestão racional do uso de água, energia, transporte e minimização de geração de resíduos (AMARAL, 2010). Algumas universidades brasileiras e internacionais já utilizam esse indicador na gestão ambiental do câmpus, Tabela 2.

Tabela 2 - Pegada Ecológica em diferentes universidades

(continua)

| Universidade | País | Ano | Recursos Considerados | Pegada Ecológica (há.hab⁻¹.ano⁻¹) |
|-------------------------|----------------|------------|---|--|
| Colorado College | Estados Unidos | 2001 | Alimentação, energia, transporte, resíduos, água e área construída. | 2,24 |
| Universidade de Toronto | Canadá | 2005 | Alimentação, energia, transporte, resíduos, água e área construída. | 1,04 |

Tabela 3 - Pegada Ecológica em diferentes universidades

(conclusão)

| Universidade | País | Ano | Recursos Considerados | Pegada Ecológica (há.hab ⁻¹ .ano ⁻¹) |
|--|----------------|------|---|---|
| Universidade de Redlands | Estados Unidos | 1998 | Energia, Transporte, resíduos e água. | 0,85 |
| Universidade de Holme | Inglaterra | 2001 | Alimentação, energia, transporte, resíduos e área construída. | 0,56 |
| Universidade de Santiago de Compostela | Espanha | 2008 | Energia, transporte, papel, área construída e água | 0,28 |
| Universidade de Newcastle | Austrália | 1999 | Alimentação, energia, transporte e área construída. | 0,19 |
| Universidade de São Paulo | Brasil | 2008 | Água, papel, energia, transporte e áreas construídas. | 0,19 |
| Universidade Federal Fluminense - Escola de Engenharia | Brasil | 2013 | Transporte e papel | 0,07 |

Fonte: Adaptado de USC (2008); Amaral (2010); Nascimento; Lima; Maciel (2013)

Como já fora citado, a PE é um retrato da realidade e não a realidade sem si. Assim, o fator determinante na validação da metodologia é a abrangência de recursos considerados. Portanto, deve-se buscar um levantamento com o máximo de recursos consumidos pela universidade.

O grande diferencial desta metodologia é a possibilidade de realizar um *benchmark* ecológico agregador; ou seja, comparar a sustentabilidade entre empresas, eventos, países, cidades ou como nesse caso, universidades (AMARAL, 2010).

4 METODOLOGIA

Esta pesquisa segue os conceitos da metodologia original da Pegada Ecológica proposta por Wackernagel e Rees (1992). Tendo sido considerado apenas a pegada de carbono, uma vez que os outros componentes, como áreas de cultivo, pastagens, florestas e estoques pesqueiros, não possuem relação com as atividades realizadas em uma universidade.

A metodologia proposta buscou calcular o tamanho de área bioprodutiva necessária para absorver as emissões de (CO₂), geradas pelas atividades diárias do câmpus Medianeira da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A (UTFPR) é uma instituição de ensino público federal, com mais de um século dedicado à educação. Surgiu em 1909 como Escola de Aprendizes e Artífices, passando por diversas transformações e, em 1959 passou a chamar-se Escola Técnica Federal do Paraná. Em 1978, passou a Centro Federal de Educação Tecnológica (CEFET) e, finalmente, transformou-se em Universidade Tecnológica Federal, em 2005 (UTFPR, 2010).

Atualmente, a UTFPR possui 13 câmpus, distribuídos por todas as regiões do Estado do Paraná, nas cidades de Apucarana, Campo Mourão, Cornélio Procopio, Curitiba, Dois Vizinhos, Francisco Beltrão, Guarapuava, Londrina, Medianeira, Pato Branco, Ponta Grossa, Santa Helena e Toledo.

4.1.1 O câmpus Medianeira

Em 1987, foi criada a Unidade de Medianeira do Centro Federal de Ensino Técnico (CEFET -PR). Nos primeiros 10 anos de funcionamento, a instituição de ensino ofertou exclusivamente cursos de nível técnico. Passando a ofertar cursos de

nível superior somente no ano de 1996, com o Curso de Tecnologia em Alimentos, na modalidade Industrialização de Carnes.

Somente em outubro do ano de 2005 que o CEFET-PR foi transformado em Universidade Tecnológica Federal do Paraná e, assim foi instalado oficialmente o câmpus Medianeira.

O câmpus Medianeira da UTFPR ocupa uma área de aproximadamente 12 hectares, localizado no oeste do Estado do Paraná (figura 7) a aproximadamente 580 km da capital, Curitiba.

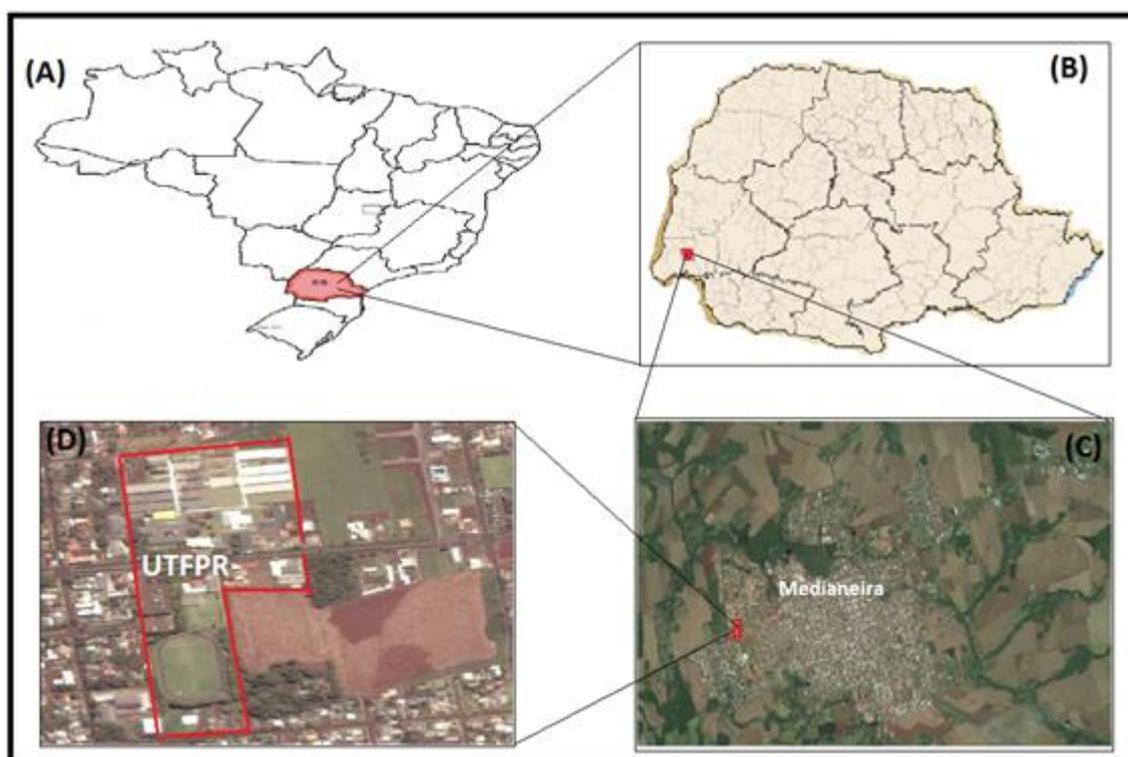


Figura 7 - Macrolocalização da unidade de estudo. A) Mapa do Brasil com destaque no Estado do Paraná; B) Mapa do Estado do Paraná com destaque na cidade de Medianeira; C) Mapa da cidade com destaque na unidade de estudo; D) Unidade de Estudo destacada em vermelho
Fonte: Adpatado de Wikipedia e Google *Earth*

O Câmpus Medianeira, atualmente oferta os seguintes cursos:

- Engenharias (Alimentos; Ambiental; Elétrica; Produção);
- Ciência da Computação;
- Licenciatura em Química;
- Tecnologia (Alimentos; Gestão Ambiental; Manutenção Industrial);

- Pós-Graduação (Tecnologia de Alimentos; Tecnologia Ambientais; Tecnologia Computacionais);

Possui ainda seis cursos que deixaram de ser ofertados no processo de seleção, porém ainda contam com 112 alunos matriculados. Esses cursos são:

- Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas;
- Tecnologia em Desenvolvimento de Sistemas para Informática;
- Técnico em Química;
- Técnico em Saúde e Segurança do Trabalho;
- Técnico em Segurança do Trabalho;
- Tecnologia em Manutenção Eletromecânica;

Ao todo são 2069 alunos matriculados, distribuídos em 18 cursos ofertados (Tabela 3).

Tabela 4 - Quantidade de alunos matriculados nos diferentes cursos do câmpus Medianeira da UTFPR

| Curso | Alunos Matriculados (atualizado em 09/10/15) |
|--|---|
| Engenharia de Produção | 370 |
| Engenharia de Alimentos | 186 |
| Engenharia Ambiental | 253 |
| Ciência Computação | 197 |
| Engenharia Elétrica | 302 |
| Licenciatura em Química | 109 |
| Mestrado em Tecnologia de Alimentos | 39 |
| Mestrado em Tecnologia Ambiental | 27 |
| Mestrado em Tecnologias Computacionais | 13 |
| Técnico em Química | 27 |
| Técnico em Saúde e Segurança do Trabalho | 3 |
| Técnico em Segurança do Trabalho | 35 |
| Tecnologia em Manutenção Eletromecânica | 1 |
| Tecnol. Desenvolv. Sistemas para Informática | 2 |
| Tecnologia em Gestão Ambiental | 157 |
| Tecnologia em Alimentos | 110 |
| Tecnologia em Manutenção Industrial | 195 |
| Tecnol.Análise e Desenvolvimento de Sistemas | 43 |
| Total | 2069 |

Fonte: Adaptado de UTFPR (2015)

A população total deste câmpus universitário é composta por acadêmicos, professores e servidores. A Tabela 4 apresenta a população total do câmpus para o segundo semestre de 2015.

Tabela 5 - População total do câmpus

| Categoria | Quantidade |
|------------------|-------------------|
| Acadêmicos | 2069 |
| Professores | 188 |
| Servidores | 97 |
| Total | 2354 |

Fonte: Adaptado de UTFPR (2015)

4.2 RECURSOS CONSIDERADOS

Para determinar a Pegada Ecológica do câmpus Medianeira da UTFPR, buscou-se quantificar o consumo médio dos principais recursos empregados no cotidiano da universidade durante o ano de 2015.

4.2.1 Alimentos

Alimentos consumidos durante as refeições de almoço e janta no Restaurante Universitário (RU), excluindo-se os lanches e outros alimentos consumidos na cantina do restaurante. A estimativa de consumo foi baseada na necessidade de compras mensais desses alimentos para suprir a demanda.

Para efeito de cálculo anual estimou-se a quantidade de dias de funcionamento do RU no ano, 260 dias (26 dias por mês, 10 meses no ano).

4.2.2 Mobilidade e Transporte

Considerou-se somente o combustível utilizado pelos veículos oficiais da universidade.

Os registros de consumo de combustível equivalem ao período de janeiro a setembro, portanto calculou-se a média para o período de um ano.

4.2.3 Energia Elétrica

A quantificação do consumo foi estimada com base nos dez primeiros meses do ano. Calculando a média e extrapolando-a para doze meses.

4.2.4 Infraestrutura e Edifícios

Enquadra-se neste item todas as áreas construídas ou degradadas, consideradas não produtivas biologicamente, ou seja, que já não tem capacidade de produção de biomassa.

Para efeito de cálculo, o fator de emissão considera o tempo de vida útil de um edifício de 50 anos (AMARAL, 2010). Portanto, o valor final de emissão, teve que ser dividido por 50, já que o período em estudo é de um ano.

4.2.5 Papel (virgem e reciclado)

Enquadra-se neste item somente as folhas de papel sulfite (papel do tipo A4), virgem ou reciclada, adquirido e utilizado pelos diversos setores administrativos do, bem como pela empresa que vende materiais escolares, dentro do câmpus.

Para obter a quantidade de papel (em Kg), multiplicou-se a quantia total de papel utilizado pela massa de uma folha de sulfite, 4,67 g.

4.3 COLETA DE DADOS

Esta pesquisa possui caráter descritivo, os dados coletados são de natureza quantitativa, que se caracteriza por focar na mensuração em números de uma determinada situação.

Dessa forma, buscou-se a utilização de dados de natureza primária e secundária:

- **Primária:** informações extraídas através de alguns setores do câmpus universitário;
- **Secundária:** revisão bibliográfica de publicações referentes à temática; informações extraídas de documentos oficiais; publicações e website da Universidade;

As fontes dos dados desta pesquisa estão descritas no Quadro 2.

| Dados utilizados | Fonte |
|----------------------------|--|
| Alimentos | Restaurante Universitário (RU) |
| Mobilidade e Transporte | Departamento de Serviços Gerais (DESEG) |
| Energia Elétrica | Departamento de Serviços Gerais (DESEG) |
| Papel | Departamento de Materiais e Patrimônio (DEMAP); Papeleria Universitária |
| Infraestrutura e Edifícios | Departamento de Serviços Gerais (DESEG) |

Quadro 2 – Dados utilizados e respectivas fontes

4.4 ESTIMATIVA DE EMISSÃO DE DIÓXIDO DE CARBONO (CO₂)

Para a adoção do Fator de Emissão, buscou-se apoio nas referências das organizações mais conceituadas nessa temática (Quadro 3).

| Dados Utilizados | | Fator de Emissão | Unidade | Fonte |
|----------------------------|----------------|------------------|-----------------------------------|------------|
| Alimentos | Origem Animal | 3,43 | KgCO ₂ / Kg Alimento | MMA (2011) |
| | Origem Vegetal | 2,10 | | |
| Energia Elétrica | | 0,1355 | KgCO ₂ /KWh | MCT (2014) |
| Infraestrutura e Edifícios | | 520 | KgCO ₂ /m ² | USC (2008) |
| Papel | Virgem | 1,84 | KgCO ₂ /Kg papel | USC (2008) |
| | Reciclado | 0,61 | | |

| | | | | |
|-------------------------|----------|-------|----------------------|------------|
| Mobilidade e Transporte | Diesel | 2,671 | KgCO ₂ /L | MMA (2011) |
| | Etanol | 1,178 | | |
| | Gasolina | 2,269 | | |

Quadro 3 – Fator de Emissão de cada dado utilizado e respectivas unidades e referências.

A estimativa de emissões de CO₂ é obtida através da multiplicação do total consumido de um recurso pelo seu respectivo Fator de Emissão, equação 1:

$$\text{Emissão (KgCO}_2\text{)} = \text{Consumo (unidade)} * \text{Fator de Emissão} \left(\frac{\text{KgCO}_2}{\text{unidade}} \right) \quad (1)$$

4.5 CÁLCULO DA PEGADA ECOLÓGICA

Para realizar o cálculo da Pegada de Carbono, considerou-se o mesmo valor da taxa de absorção de 6,270 t CO₂/ha/ano, este valor é o mesmo utilizado em outro estudo de cálculo de Pegada Ecológica em contextos universitários, na *Universidade de Santiago de Compostela* (USC), realizado por Rodriguez; Iglesias e Álvarez (2009) e Universidade de São Paulo – São Carlos, por Amaral (2010).

Para obter a Pegada Ecológica, divide-se o total emitido pela Taxa de Absorção supracitada, equação 2:

$$\text{Área (ha)} = \text{Emissão (KgCO}_2\text{)}/\text{Taxa de Absorção (KgCO}_2\text{/ ha/ano)} \quad (2)$$

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 CONSUMO DE ALIMENTOS

No RU são servidas, em média, 1100 refeições diariamente, sendo 700 no almoço e 400 no jantar. São fornecidos basicamente 16 itens alimentares distribuídos de forma variável de acordo com o cardápio diário. As quantidades de alimentos consumidos *per capita* estão discriminadas na Tabela 5.

Tabela 6 - Quantidade *per capita* de alimentos consumidos por pessoa no RU do câmpus Medianeira da UTFPR

| Tipo de Alimento | Quantidade (Kg. <i>per capita</i> ⁻¹ .dia ⁻¹) |
|----------------------|--|
| Arroz | 0,070 |
| Feijão | 0,055 |
| Purê de Batata | 0,030 |
| Macarrão | 0,025 |
| Polenta | 0,015 |
| Mandioca | 0,013 |
| Frango Grelhado | 0,080 |
| Frango Assado | 0,100 |
| Bife Suíno | 0,050 |
| Almôndega | 0,035 |
| Estrogonofe de Carne | 0,040 |
| Alface | 0,005 |
| Pepino | 0,010 |
| Beterraba | 0,015 |
| Cenoura | 0,015 |
| Repolho | 0,020 |

Com base no consumo diário *per capita* de alimentos, apresenta-se as respectivas emissões, bem como a Pegada Ecológica individual, descrita na Tabela 6.

Tabela 7 - Emissão (t CO₂) e PE *per capita* do consumo de alimentos no câmpus Medianeira da UTFPR

| Origem do Alimento | Quantidade (kg. <i>Per capita</i> ⁻¹ .dia ⁻¹) | Emissão (t CO ₂ . <i>per capita</i> ⁻¹) | Pegada Ecológica (gha. <i>per capita</i> ⁻¹) |
|--------------------|---|---|---|
| Animal | 0,305 | 0,271 | 0,0433 |
| Vegetal | 0,273 | 0,149 | 0,0237 |
| Total | 0,578 | 0,421 | 0,0670 |

Os resultados obtidos apontam que cada pessoa que almoça ou janta no RU consome em média 0,578 Kg de alimentos. Cerca de 53% desses alimentos são de origem animal.

Esse consumo de alimentos *per capita* no período de um ano é responsável pela emissão de 463,14 tonelada de CO₂. Enquanto que a PE individual para o consumo de alimentos no campus é de 0,06 gha.*per capita*⁻¹, ou seja, representa uma área de 670 m².

A PE total é resultado da multiplicação da PE *per capita* pela quantidade de refeições servidas durante todo o ano (Figura 8).

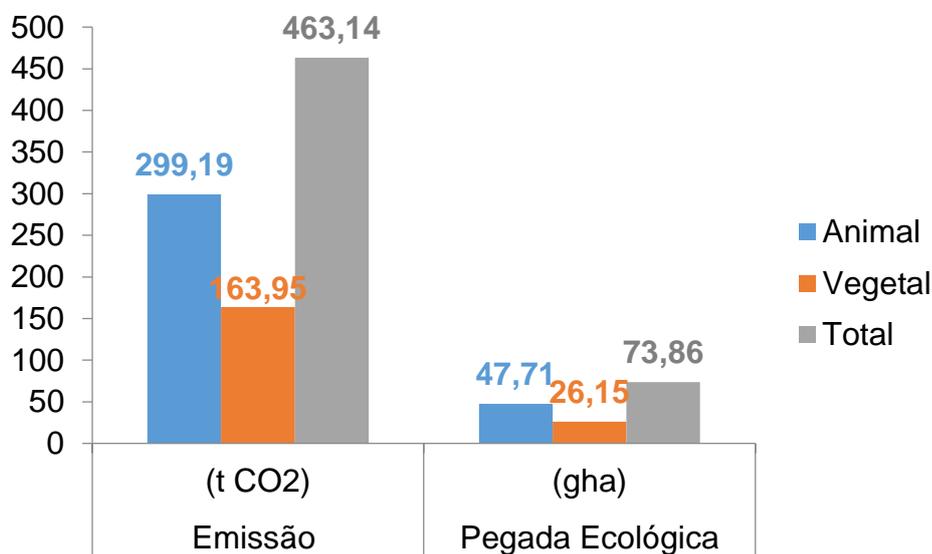


Figura 8 - Emissões de CO₂ e PE de alimentos do câmpus Medianeira da UTFPR para o ano de 2015.

Mesmo havendo certo equilíbrio consumo de alimentos de origem animal e vegetal, como observado na Tabela 6, as emissões de CO₂ e a PE do consumo de alimentos de origem animal representa quase o dobro dos de origem vegetal, isso se deve ao fato de que os alimentos de origem animal, em sua grande maioria, são geradores de CO₂ em grande parte do seu ciclo de vida.

O consumo de alimentos no RU do câmpus gera 463.14 Kg CO₂/ano, resultando em uma PE de 73,86 gha, essa PE corresponde a aproximadamente 6 vezes a área do câmpus.

Considerando que o consumo de alimentos é algo que não se pode reduzir, pelo contrário, tende a aumentar semestralmente com a chegada de novos alunos,

sugere-se que esses resultados sejam utilizados para ao menos sensibilizar a população do câmpus, quanto ao desperdício de alimentos.

5.2 MOBILIDADE E TRANSPORTE

O câmpus Medianeira da UTFPR possui uma frota de 09 veículos oficiais, que utilizam os seguintes combustíveis: diesel, etanol ou gasolina (Tabela 7).

Tabela 8 - Veículos oficiais do câmpus e combustíveis utilizados durante o ano de 2015

| Veículo | Tipo de Combustível | Consumo de Combustível (L.ano⁻¹) |
|----------------|----------------------------|--|
| Ford Ranger | Diesel | 2542,11 |
| Sprinter | Diesel | 4415,6 |
| Fiat Uno | Etanol | 220,6 |
| Saveiro | Etanol | 198,21 |
| | Gasolina | 84,95 |
| Astra | Etanol | 1180,86 |
| | Gasolina | 506,08 |
| Astra | Etanol | 1490,42 |
| | Gasolina | 638,75 |
| Cruze | Etanol | 2176,36 |
| | Gasolina | 932,74 |
| Ducato | Etanol | 1503,8 |
| | Gasolina | 644,48 |
| Fluence | Etanol | 720,9 |
| | Gasolina | 308,95 |

Apenas dois veículos utilizam óleo diesel, porém são os que apresentam os maiores valores de consumo de combustível, dentre todos os 09 veículos avaliados.

O veículo Fiat Uno utiliza exclusivamente etanol. Aparentemente, é o menos utilizado da frota de veículos, visto que o consumo de combustível está muito abaixo dos demais. Os outros 06 veículos são *Flex*, utilizam etanol ou gasolina.

As emissões de CO₂ e a Pegada Ecológica de cada veículo estão apresentadas na Figura 10.

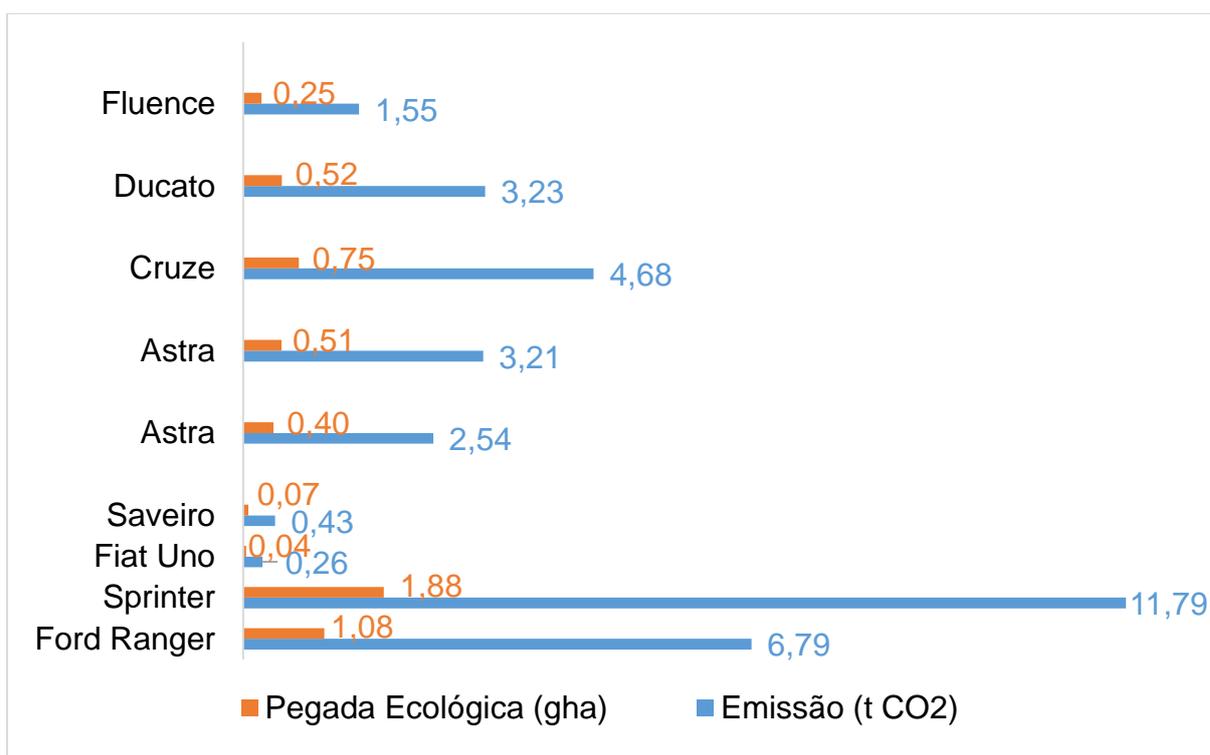


Figura 7 - Emissões de CO₂ e Pegada Ecológica de cada veículo oficial do câmpus Medianeira da UTFPR.

Quanto à sustentabilidade dos veículos, destaca-se a diferença entre as emissões de CO₂ e PE dos veículos Sprinter e Ducato. São veículos parecidos, utilizados para grandes quantidades de passageiros e longas distâncias. No entanto, a diferença no tipo de combustível utilizado faz com que a Sprinter gere impactos maiores. Nesse contexto, sugere-se que haja um equilíbrio na utilização desses dois automóveis.

O consumo total de combustível, bem como suas respectivas emissões de CO₂ e Pegada Ecológica estão descritos na Tabela 8.

Tabela 9 - Total de Consumo, Emissões de CO₂ e Pegada Ecológica por tipo de combustível do câmpus Medianeira da UTFPR para o ano de 2015

| Combustível | Consumo (L) | Emissão (t CO ₂) | Pegada Ecológica (gha) |
|--------------|------------------|------------------------------|------------------------|
| Diesel | 6.957,71 | 18,58 | 2,96 |
| Etanol | 7.491,15 | 8,82 | 1,41 |
| Gasolina | 3.115,95 | 7,07 | 1,13 |
| Total | 17.564,81 | 34,47 | 5,50 |

O combustível mais utilizado pelo setor de transporte do câmpus é o etanol, com mais de 7 mil litros. Esse valor representa 42% do consumo total dos três tipos de combustíveis.

O consumo de diesel, apesar de ser utilizado por apenas dois veículos é predominante na composição das emissões e PE, representa 39% do total. Enquanto que a gasolina representa apenas 17% do total, essa baixa representatividade se justifica pelo fato de os veículos serem *flex* e, conseqüentemente abastecidos com etanol com mais frequência, devido à viabilidade econômica.

O consumo de combustível pelos 09 veículos oficiais do câmpus Medianeira da UTFPR emite por ano 34,47 t CO₂, resultando em uma Pegada Ecológica de 5,50 gha.

5.3 CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA

A estimativa obtida do consumo total de energia elétrica no câmpus, para o ano de 2015 é de 1.000.895 kWh. Portanto, têm-se uma média de 83.407 kWh/mês, aproximadamente.

Cada pessoa que compõem a população do câmpus, em algum momento, se beneficia da energia elétrica. Portanto, o consumo *per capita* de energia elétrica, bem como a quantidade de emissão de CO₂ e a Pegada Ecológica associada a esse consumo, encontram-se na Tabela 9.

Tabela 10 - Consumo, Emissão de CO₂ e PE *per capita* de energia elétrica do câmpus Medianeira da UTFPR no ano de 2015

| Recurso | Consumo (kWh. <i>per capita</i> ⁻¹) | Emissão (t CO ₂ . <i>per capita</i> ⁻¹) | Pegada Ecológica (gha. <i>per capita</i> ⁻¹) |
|------------------|--|---|---|
| Energia Elétrica | 425,18 | 0,576 | 0,0092 |

O consumo *per capita* de energia elétrica anual é de 425,18 kWh. Esse consumo gera cerca de meia tonelada *per capita* de CO₂, resultando na Pegada Ecológica de 92 m²/ *per capita* ou 0,0092 gha/*per capita*.

A quantificação total das emissões de CO₂ e a Pegada Ecológica deste recurso estão descritas na Tabela 10.

Tabela 11 - Emissão de CO₂ e Pegada Ecológica total de energia elétrica do câmpus Medianeira da UTFPR

| Recurso | Consumo (kWh) | Emissão (t CO ₂) | Pegada Ecológica (gha) |
|------------------|---------------|------------------------------|------------------------|
| Energia Elétrica | 1.000.895 | 135,62 | 21,63 |

O consumo de energia elétrica do câmpus Medianeira da UTFPR emite por ano 135,62 t CO₂, resultando em uma Pegada Ecológica de 21,63 gha, área equivalente a quase o dobro do tamanho do câmpus.

5.4 INFRAESTRUTURA E EDIFÍCIOS

O câmpus Medianeira da UTFPR possui uma área total de 122.165,60 m², cerca de 12,22 hectares, a composição do terreno está descrita na tabela 11

Tabela 12 - Composição do terreno do câmpus Medianeira da UTFPR

| Área total (m ²) | Área construída (m ²) | Área construída coberta (m ²) |
|------------------------------|-----------------------------------|---|
| 122.165,60 | 32.291,00 | 12.916,51 |

O terreno possui 45.207,51 m² de área construída e/ou coberta, portanto, não bioprodutiva para efeito de cálculo da PE. Essa área representa 37% da área total do câmpus.

As emissões de CO₂ e a Pegada Ecológica deste recurso encontram-se na Tabela 12.

Tabela 13 - Emissão de CO₂ e Pegada Ecológica total das áreas construídas do câmpus Medianeira da UTFPR

| Recurso | Área Improdutiva (m ²) | Emissão (t CO ₂) | Pegada Ecológica (gha) |
|-----------------|------------------------------------|------------------------------|------------------------|
| Área Construída | 45.207,51 | 470,15 | 75,00 |

No cenário atual, as emissões anuais de CO₂ são de 470 toneladas, o que representa uma Pegada Ecológica de 75 gha. Porém, essa pegada tende a aumentar com a tendência de expansão do câmpus, que nos últimos 5 anos construiu 5 novos blocos de sala de aula e laboratórios, novo edifício para biblioteca e expandiu sua área total.

5.5 CONSUMO DE PAPEL (VIRGEM E RECICLADO)

Considerou-se duas fontes fornecedoras de papel na universidade, os papéis adquiridos pela própria universidade para utilização nos setores administrativos em geral e os papéis comercializados pela empresa Papelaria Universitária, responsável pelos serviços de xerox, impressões, etc.

Com base nos dados de consumo fornecidos, elaborou-se a Tabela 13, que apresenta a quantidade de papel consumida no ano vigente.

Tabela 14 - Quantidade de papel consumida no câmpus Medianeira da UTFPR no ano de 2015

| Setor | Tipo de papel | Quantidade (folha A4) |
|-------------------------|---------------|-----------------------|
| Universidade em geral | Virgem | 400.000 |
| | Reciclado | 10.000 |
| Papelaria Universitária | Virgem | 630.000 |
| | Reciclado | Não consta |
| Total | | 1.040.000 |

Constatou-se um consumo anual de mais de 1 milhão de folhas A4, o que equivale a cerca de 5 mil Kg de folhas, sendo que apenas 10.000 folhas são do tipo recicladas, esse valor representa menos de 1% do total.

As emissões de CO₂ e a Pegada Ecológica gerada pelo consumo de papel sulfite em todo o câmpus encontram-se na Tabela 14.

Tabela 15 - Emissão de CO₂ e Pegada Ecológica do consumo de papel.

| Tipo de Papel | Quantidade (folha A4) | Emissão (t CO ₂) | Pegada Ecológica (gha) |
|---------------|-----------------------|------------------------------|------------------------|
| Virgem | 1.030.000 | 8,8506 | 1,4116 |
| Reciclado | 10.000 | 0,0285 | 0,0045 |
| Total | 1.040.000 | 8,8791 | 1,4161 |

Para o consumo de papel, as emissões anuais de CO₂ são de 8,87 toneladas, o que representa uma Pegada Ecológica de 1,4 gha, equivalente a uma área de aproximadamente 11% da área do câmpus.

5.6 SÍNTESE GERAL DA PEGADA ECOLÓGICA DO CÂMPUS MEDIANEIRA DA UTFPR

A Pegada Ecológica total do câmpus é composta pelos cinco recursos apresentados anteriormente, sua totalidade está representada na Tabela 15.

Tabela 16 - Composição da Pegada Ecológica total do câmpus Medianeira da UTFPR no ano de 2015.

| Recurso | Emissão (tCO ₂) | Pegada Ecológica (gha) |
|-----------------------------|-----------------------------|------------------------|
| Consumo de Alimentos | 463,14 | 73,86 |
| Mobilidade e Transporte | 34,47 | 5,50 |
| Consumo de Energia Elétrica | 135,62 | 21,63 |
| Infraestrutura e Edifícios | 470,15 | 75,00 |
| Consumo de Papel | 8,88 | 1,42 |
| Total | 1112,26 | 177,41 |

Para uma melhor discussão e compreensão dos resultados apresentados na Tabela 15, elaborou-se a Figura 11, na qual ilustra a porcentagem de cada recurso considerado na composição desta Pegada Ecológica.

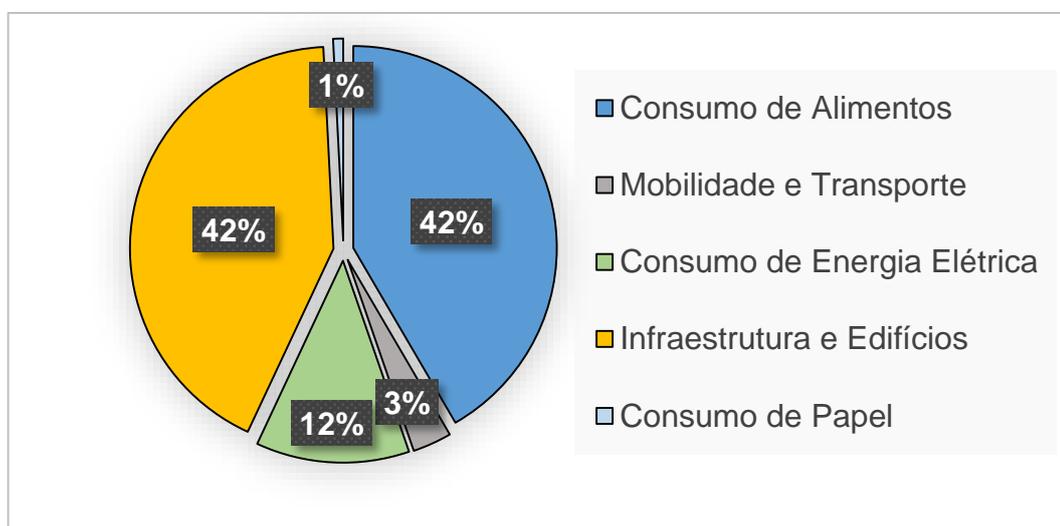


Figura 8 - Composição da Pegada Ecológica do câmpus Medianeira da UTFPR.

O somatório das pegadas de todos os recursos em estudo resultou na PE de 177,41 gha, esse valor representa uma área 14,5 vezes maior que o próprio câmpus. No entanto, a PE *per capita* total é 0,0753 gha/ano, esse valor está próximo à PE nacional que é 0,0725 gha/hab/ano (GLOBAL FOOTPRINT NETWORK, 2011).

Dentre o valor total da PE do câmpus em 2015, destaca-se o consumo de alimentos e infraestrutura e edifícios, juntos correspondem a 84% das emissões de CO₂ e da composição da PE. Como medida mitigadora nesses dois fatores, considera-se importante a apresentação desses resultados para a comunidade acadêmica do câmpus, principalmente aos que fazem refeições no RU, visando à sensibilização para a redução de desperdício de alimentos. Quanto à infraestrutura edificações, embora não se possa evitar o crescimento da universidade, sugere-se a otimização dos espaços já construídos.

O levantamento dos itens consumo de papel e de mobilidade e transporte indicam que esses são os únicos que apresentam PE menor que a própria área do câmpus, que é de 12,22 hectares (Figura 12). No entanto, em estudos futuros esses valores podem apresentar resultados mais expressivos se forem levados em conta a mobilidade e consumo de papel direto, por parte dos acadêmicos.

A fim de facilitar o entendimento das diferenças de áreas por cada Pegada Ecológica e também para compará-las com a área do câmpus, elaborou-se a Figura 12.

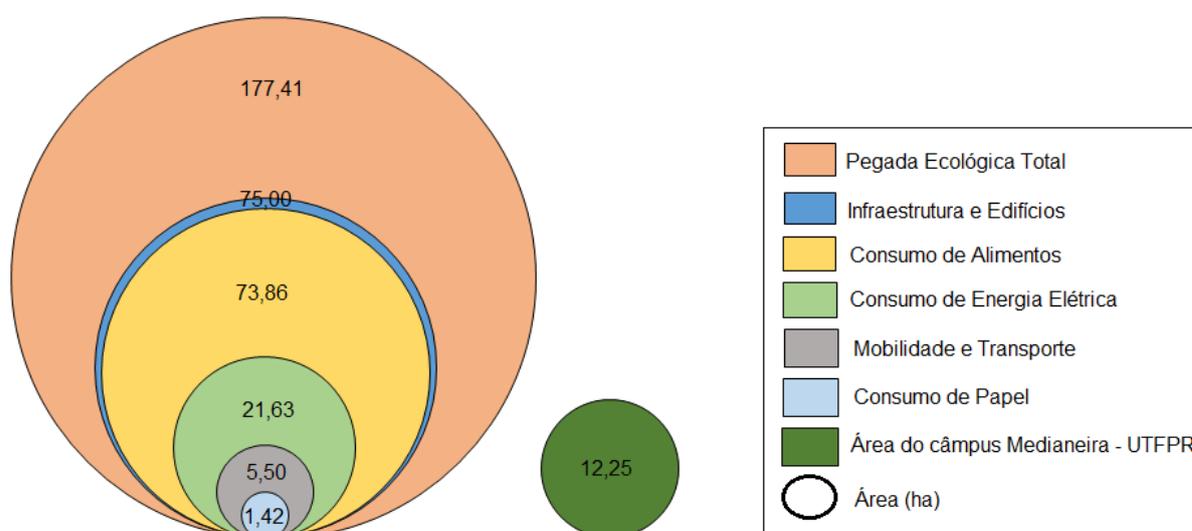


Figura 9 - Comparação de áreas da Pegada Ecológica com a área do câmpus.

O consumo de energia elétrica resultou na PE com uma área quase duas vezes maior que a área total do câmpus. Essa constatação por si só, pode fornecer fundamento para o desenvolvimento de projetos de redução de energia ou até mesmo de utilização de fontes alternativas.

Como a PE é um indicador ambiental que trabalha com mensuração e estimativas, as áreas resultantes dos cálculos não apresentam exatidão. Contudo, auxiliam na avaliação da sustentabilidade ou insustentabilidade do local em estudo.

Nesse contexto, os resultados encontrados indicam que somente o consumo de papel e combustível apresentam sustentabilidade, uma vez que as áreas encontradas são menores que a área do câmpus. Os outros recursos considerados, consumo de energia, alimentos e área construída, por sua vez, apresentam insustentabilidade, já que as áreas necessárias para absorver suas emissões de CO₂ são duas e seis vezes maiores, respectivamente, que a área do câmpus.

5.6.1 Comparação da Pegada Ecológica entre Universidades

A comparação dos resultados do câmpus Medianeira da UTFPR com o câmpus São Carlos da Universidade de São Paulo (USP) (AMARAL, 2010) e Universidade de Santiago de Compostela (USC, 2008) da Espanha, está descrita na Tabela 16.

Tabela 17 - Comparação da Pegada Ecológica em diferentes câmpus universitários

| Recurso | Pegada Ecológica (gha/ano) | | |
|-----------------------------|----------------------------|-----------------|---------------|
| | UTFPR - Medianeira | USP -São Carlos | USC - Espanha |
| Consumo de energia elétrica | 21,63 | 1.027,49 | 3285,49 |
| Mobilidade e transporte | 5,5 | 197,34 | 917,07 |
| Consumo de papel | 1,42 | 18,39 | 69,9 |
| Infraestrutura e Edifícios | 75 | 288,17 | 802,03 |
| Consumo de alimentos | 73,86 | Não incluso | Não incluso |
| Consumo de água | Não incluso | 12,88 | 27,14 |
| Total | 177,41 | 1.524,37 | 5.101,62 |
| População | 2354 | 8023 | 32600 |
| PE <i>per capita</i> | 0,07 | 0,19 | 0,16 |

Na USP São Carlos e na USC, nota-se que o consumo de água está entre os recursos considerados, diferentemente do câmpus Medianeira, pois “a pegada

ecológica da água é baseada na energia necessária para extrair, tratar e abastecer a água” (CARMO, 2008, p.27). Contudo, o consumo de água, embora seja um fator relevante quando se trata de sustentabilidade, não foi considerado nesta pesquisa visto que toda água utilizada neste campus universitário é captada de poços artesianos, logo, não passam pela etapa de tratamento.

A comparação da PE total do câmpus Medianeira da UTFPR com as outras duas universidades, indica que esse é o câmpus mais sustentável. Porém, essa comparação não deve ser feita analisando exclusivamente os valores brutos da PE de cada recurso, tampouco o total, uma vez que a sustentabilidade está atrelada ao estilo de vida e consumo de recursos de cada membro que compõem a população do objeto de estudo. Essa afirmação pode ser confirmada com a comparação dos resultados da PE da USP e USC. Onde a USC mesmo apresentando, maior pegada em todos os itens considerados e ainda uma população maior que a USP, ela consegue ter uma PE *per capita* menor o que indica um padrão de consumo mais harmônico com o meio ambiente. Dessa forma a avaliação de sustentabilidade do estudo deve ser realizada em função da PE *per capita* dos 3 câmpus universitários,

Partindo dessa premissa, observa-se que o câmpus Medianeira apresenta maior sustentabilidade que os outros dois, pois sua PE *per capita* é 63% menor que USP – São Carlos e 56% menor que da USC. Embora seja um aspecto positivo, é fundamental diminuir ainda mais esse índice, visto que é necessária uma área 15 vezes maior do que o próprio câmpus, para absorver mais de mil toneladas anuais de CO₂, geradas indiretamente pelas atividades do cotidiano da UTFPR Medianeira.

6 CONCLUSÃO

O câmpus apresentou menor índice *per capita* de PE, ou seja, maior sustentabilidade em relação a outras universidades. Embora seja um ponto positivo, a PE total do câmpus equivale a uma área 15 vezes maior do que o tamanho da própria universidade para absorver todo o CO₂ gerado indiretamente pelas atividades do cotidiano da universidade. Entende-se que seja algo natural essa relação de déficit de área, uma vez que o atual padrão de consumo e estilo de vida dificultam um cenário inverso. Todavia, algumas simples medidas, como a sensibilização da população que almoça e janta no Restaurante Universitário quanto ao desperdício de alimento e redução no consumo de energia elétrica e papéis, contribuem para a transformação desse panorama, reduzindo ao máximo a PE.

A identificação dos recursos que possuem maiores potenciais para geração de impactos ambientais, no que diz respeito ao consumo foi fundamental no presente estudo, pois quanto maior a quantidade de recursos considerados mais fiel à realidade serão os resultados. Dessa forma, sugere-se que estudos futuros abordem também questões relacionadas à produção de resíduos e consumo diretos de recursos da população acadêmica.

Nesse sentido, ressalta-se a importância da Pegada Ecológica como uma ferramenta transversal que, devido à facilidade de aplicação e compreensão dos resultados, como nesta pesquisa, surge como peça fundamental na gestão ambiental do câmpus, podendo atuar como parte de um sistema de melhoria contínua, mensurando, avaliando e conseqüentemente, reduzindo os índices de insustentabilidade.

REFERÊNCIAS

AMARAL, Renata R. **Análise da aplicabilidade da Pegada Ecológica em contextos universitários: Estudo de caso no câmpus de São Carlos da Universidade de São Paulo**. 2010. 110 f. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2010.

ANDRADE, Daniel C; ROMEIRO, Ademar. R. **Capital natural, serviços ecossistêmicos e sistema econômico: rumo a uma Economia dos Ecossistemas**. Texto para Discussão do Instituto de Economia da UNICAMP, n. 159, 2009. Disponível em: <<http://www.anpec.org.br/encontro2009/inscricao.on/arquivos/000-ba8e809727ffdd88ec84852a8cd209fb.pdf>> Acesso em: 11. Set.2015

ANDRADE, Beatriz B.; VAN BELLEN, Hans M. **Turismo e Sustentabilidade no Município de Florianópolis: Uma avaliação a Partir do Método da Pegada Ecológica**. In: XXX Encontro da ANPAD, 23 a 27 de setembro, - Salvador/BA. **Anais...** Salvador/BA, 2006. Disponível em: <<http://www.anpad.org.br/enanpad/2006/dwn/enanpad2006-apscc-2079.pdf>>. Acesso em: 07.out.2015

BRUNDTLAND, Gro H. **Nosso Futuro Comum**. 2^oed Rio de Janeiro: Editora da FGV, 1991.

CAMPOS, Christiano P. de. **A Conservação das Florestas no Brasil, Mudança do Clima e o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo do Protocolo de Quioto**. 2001, 181 f. Dissertação (Mestrado em Ciências em Planejamento Energético). Programa de Pós-Graduação de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2001.

CARMO, Arilma O. do. **Pegada ecológica: possibilidades e limitações a partir de sua aplicação para a cidade do Salvador-BA**. 2008. 170 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana), Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2008

CEZAR, Natasha; NORO, Greice de B. **Gestão voltada à sustentabilidade: o caso Veisa Veículos Ltda**. Fórum Internacional Ecoinnovar, 2, 2013, Santa Maria. Disponível em: <<http://ecoinovar.com.br/cd2013/arquivos/artigos/ECO197.pdf>> Acesso em: 23 out. 2014.

CIDIN, Renata C.P.J.; SILVA, Ricardo S. da. Pegada Ecológica: Instrumento de Avaliação dos Impactos Antrópicos no Meio Natural. **Estudos Geográficos**, Rio Claro, v. 2, n 1, p 43-52, jun. 2004. Disponível em: <www.rc.unesp.br/igce/grad/geografia/revista.htm> Acessado em: 15 set. 2015.

COSTA, Ana C. C. da. **Desenvolvimento de uma metodologia expedita de cálculo da Pegada Ecológica de uma cidade – O caso de Lisboa**. 2008. 107 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental), Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2008.

DAILY, Gretchen C.; EHRLICH, Paul R. Population, Sustainability, and Earth's Carrying Capacity. A framework for estimating population size and lifestyles that could be sustained without undermining future generations. **Bioscience**, v. 42, n 10, p761-771, nov. 1992. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/1311995>>. Acesso em: 14.set.2014.

GLOBAL FOOTPRINT NETWORK. **Ecological Wealth of Nations**. Disponível em: <http://www.footprintnetwork.org/ecological_footprint_nations/biicapacity_per_capita.html>. Acesso em: 22.out.2015

GLOBAL FOOTPRINT NETWORK. **Earth Overshoot Day**. Disponível em: <http://www.footprintnetwork.org/it/index.php/GFN/page/footprint_basics_overview/>. Acesso em: 19.set.2015

ÍNDICE CARBONO EFICIENTE (ICO2). **Diretrizes para a contabilização, cálculo e relato de emissões de gases de efeito estufa (GEE) para fins do ICO2**. Fev 2013. Disponível em: <www.bmfbovespa.com.br/Indices/download/Diretrizes-ICO2.pdf+&cd=1&hl=pt-BR&ct=clink&gl=br>. Acesso em: 30.out.2015.

LEITE, Ana M. F; VIANA, Manoel O. L. Pegada Ecológica: instrumento de análise do metabolismo do sócio-ecossistema urbano. Fortaleza: IBAMA, PRODEMA, UFC, 2001. Disponível em: <http://www.ecoeco.org.br/conteudo/publicacoes/encontros/v_en/Mesa3/osorrio.pdf> A cesso em: 29.set.2015.

LEME, Patricia C.S. **Formação e Atuação de Educadores Ambientais: Análise de um Processo Educativo na Universidade**. 2008. 303 f. Tese (Doutorado em Educação). Programa de Pós-Graduação em Educação da Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2008.

MADURO-ABREU, Alexandre; NASCIMENTO, Daniel T; MACHADO, Luciana O.R; COSTA, Helena A. Os limites da Pegada Ecológica. **Desenvolvimento e Meio**

Ambiente, Brasília, n.19, p.73-87, 2009. Editora UFPR. Disponível em: <<http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs/index.php/made/article/download/12847/10886>>. Acesso em: 27 ago. 2015

MELO, Marilda R de. **A Pegada Ecológica urbana: o caso da cidade de Araguari –MG**. 2013. 244 f. Tese (Doutorado em Geografia e Gestão de Território) – Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2013.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). Secretaria de Mudanças Climáticas e Qualidade Ambiental (Org.). **1º Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários: Relatório Final**. Brasília: Estação das Artes, 2011. 114 p. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/163/_publicacao/163_publicacao27072011055200.pdf>. Acesso em: 13.out.2015

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Introdução à Pegada de Carbono** Out.2011. 27 p. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/255/_arquivos/3_introducao_to_carbon_foot_printing_255.pdf>. Acesso em: 13.out.2015

MINISTÉRIO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA (MCT). **Fator de Emissão de CO2 para utilizações que necessitam do fator médio de emissão do Sistema Interligado Nacional do Brasil**. Disponível em: <<http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/321144.html>>. Acesso em: 01.nov.2015

MONTEIRO, Maria da C. A. **A Qualidade e o Impacto no Meio Ambiente**. 2010. 66 f. Monografia (Especialização em Administração da Qualidade), Universidade Candido Mendes, Rio de Janeiro, 2010.

MOURA, Luiz A. A. Relacionamento da economia com o meio ambiente: Desenvolvimento Sustentável. In: MOURA, Luiz A. A. **Economia Ambiental: Gestão de Custos e Investimentos**. 3. ed. São Paulo: Juarez de Oliveira Ltda, 2006. p. 7-8.

NASCIMENTO, Sophia C; LIMA, Gilson B.A; MACIEL, Gabriel F. dos S. Aplicação da Ferramenta Pegada Ecológica para Análise de Impactos Ambientais Gerados pelas Atividades Acadêmicas de Alunos da Escola de Engenharia da Universidade Federal Fluminense. In: **XXX Encontro Nacional de Engenharia de Produção**. Out. 2013, Salvador. Disponível em: <www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2013_TN_STO_187_063_22296.pdf+&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br>. Acesso em: 20.out.2015

NEUBAUER, Airton F; DIAS, Gabriel; PALADINI, Edson P. **Perspectiva socioambiental do setor de agronegócio no Paraná e suas tecnologias modernas**. In: Convibra, 2010, São Paulo. Convibra 2010. São Paulo: Convibra, 2010. Disponível em: http://www.convibra.com.br/upload/paper/adm/adm_1566.pdf. Acesso em: 14. Set. 2015

NEVES, Francisco G.T. **Ação Cultural para o desenvolvimento sustentável: trajetórias e percursos na região do Cariri**. 2013. 134 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional) – Centro de Pesquisa e Pós-graduação do Semiárido, Universidade Federal do Ceará, Juazeiro do Norte, 2013.

OTERO, Gabriela G.G.P. **Gestão Ambiental em Instituições de Ensino Superior: Práticas do Campi da Universidade de São Paulo**. 2010. 180 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Ambiental). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

PEREIRA, Lucas G. **Síntese dos métodos de Pegada Ecológica e Análise Emergética para diagnóstico da sustentabilidade de países: o Brasil como estudo de caso**. 2008. 183 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

RENNER, Rosana M. **Sequestro de Carbono e a Viabilização de de Novos Reflorestamentos no Brasil**. 2004. 147 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004

TAVARES, Arilma O. C.; AGRA FILHO, Severino S. Aplicações da Pegada Ecológica no Brasil: um estudo comparativo. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**. São Paulo v. 21, p. 54-64, set. 2011. Disponível em: <www.abes-dn.org.br/publicacoes/rbciamb/PDFs/21-08_Materia_6_final_artigos300.pdf&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br >. Acesso em: 20. Set. 2015

UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA (USC). **Impacto Ambiental en Centros da USC**. Fev. 2008. Disponível em: <https://www.usc.es/plands/secciones/datos_plan/eixe2/pegada_ecologica/estudo/estudo_pdf/impacto%20ambiental%20final%20web-6-6-08.pdf>. Acesso em: 20.set.2014

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ (UTFPR). **Ciência para o Desenvolvimento Sustentável**. Disponível em <<http://www.utfpr.edu.br/estrutura/universitaria/proeitorias/prograd/cursos/arquivo/Campus%20Medianeira.pdf>> Acesso em: 09 dez. 2014.

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ (UTFPR). **Mapa com todos os câmpus da UTFPR**. Disponível em: <<http://www.utfpr.edu.br/estrutura-universitaria/diretorias-de-gestao/dircom/design/mapa-parana-com-todos-os-campus-da-utfpr/view>> Acesso em: 08 dez. 2014.

VENTURI, Luis A. B. Recurso Natural: a construção de um conceito. **Geosp – Espaço e Tempo**, v. 20, p. 9-18, 2006. Disponível em: <http://www.geografia.ffe.usp.br/publicacoes/Geosp/Geosp20/Artigo_Luis.pdf> Acesso em: 08.set.2015.

WACKERNAGEL, Mathis; REES, William. **Our ecological footprint: reducing human impact of the Earth**. 6 ed. Canada: New Society Publisher, 1996.

WIKIPEDIA. **Mapa do Estado do Paraná com destaque na cidade de Medianeira**. Disponível em: <[http://pt.wikipedia.org/wiki/Medianeira_\(Paran%C3%A1\)](http://pt.wikipedia.org/wiki/Medianeira_(Paran%C3%A1))>. Acesso em 15.set.2015

WORLD WILDLIFE FUND (WWF). **A Pegada Ecológica de Campo Grande e a Família das Pegadas**. Campo Grande, 2012. 127 p. Disponível em: <www.footprintnetwork.org/images/article_uploads/pegada_ecologica_campo_grande_2012.pdf+&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br>. Acesso em: 25 set. 2015.