

## **AVALIAÇÃO AMBIENTAL DA ÁREA URBANA DE MANAUS: TESTE DE APLICAÇÃO DA FERRAMENTA PEGADA ECOLÓGICA<sup>1</sup>**

Davi Grijó<sup>2</sup>  
Joice de Jesus Machado<sup>3</sup>  
Neliton Marques da Silva<sup>4</sup>

### **RESUMO**

A Pegada Ecológica é uma ferramenta de avaliação proposta por Wackernagel e Rees em 1996, que representa o espaço ecológico necessário para sustentar as atividades humanas em um determinado lugar. Está fundamentada na idéia de que todo indivíduo ou região, ao desenvolver seus diferenciados processos, tem um impacto sobre o planeta. Para se contabilizar a Pegada Ecológica, calcula-se em hectares a quantidade de terra e água produtivas utilizada para a obtenção dos recursos consumidos, assim como para a absorção dos resíduos. O crescente uso da Pegada Ecológica é representativo de seu potencial comparativo de fácil comunicação, aplicável em diferentes escalas, como uma cidade. Essa perspectiva considera que o ambiente da cidade não é apenas seu entorno imediato, mas todo o ecossistema planetário global. Manaus é importante exemplo de zona urbana na Amazônia, com histórico de expressiva expansão nos últimos 20 anos, e conseqüente ônus ambiental. Este estudo tem por objetivo testar a aplicação dos instrumentos e ferramentas metodológicas utilizadas para cálculo da Pegada Ecológica na Área Urbana de Manaus, para o ano de 2010. Utilizou-se como referência para o exercício o método empregado por Cervi e Carvalho (2010), que considera as variáveis: área verde; área urbana construída; produtos florestais; consumo de alimentos; transporte; energia elétrica; água e resíduos sólidos. O teste, embora inconclusivo, relevou, no cálculo dos resultados parciais, pegadas como 0,164 Gha por habitante para Alimentação, 3,45 Gha para Energia Elétrica, 1,76Gha para Transporte terrestre, entre outros. A interpretação deve ser feita com cautela, devido à indisponibilidade de dados; às inferências realizadas para gerar aproximações e às próprias fragilidades do modelo, focado nos padrões de consumo. Essa abordagem subestima as degradações ambientais relacionadas aos produtos fabricados no local e consumidos em outra localidade, situação que, no Polo Industrial de Manaus, não pode ser ignorada. Todavia, na condição de exercício acadêmico, interpretado com suas ressalvas, o estudo é um avanço na tentativa de compreender o impacto do modelo de desenvolvimento da cidade.

---

<sup>1</sup>O estudo é resultado do exercício acadêmico realizado pela turma da disciplina Sistema de Gestão Ambiental, ministrada pelo Prof. Dr. Neliton Marques, no âmbito do Programa de Pós Graduação em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia da Universidade Federal do Amazonas – PPGCASA/UFAM.

<sup>2</sup> Geógrafo, mestrando do PPGCASA/ UFAM.

<sup>3</sup>Arquiteta e Urbanista, Analista de Nível Superior da Fundação Centro de Análise, Pesquisa e Inovação Tecnológica-FUCAPI e mestranda do PPGCASA/ UFAM.

<sup>4</sup> Engenheiro Agrônomo, Doutor em Entomologia, professor titular da Universidade Federal do Amazonas e professor permanente do PPGCASA/ UFAM.

## **ENVIRONMENTAL ASSESSMENT OF MANAUS URBAN AREA: APPLIED TEST OF ECOLOGICAL FOOTPRINT TOOL<sup>5</sup>**

Davi Grijó<sup>6</sup>  
Joice de Jesus Machado<sup>7</sup>  
Neliton Marques da Silva<sup>8</sup>

### **ABSTRACT**

The Ecological Footprint is an assessment tool proposed by Wackernagel and Rees in 1996, which represents the ecological space needed to sustain human activities in a particular place. It is based on the idea that every individual or region, to develop their processes, has an impact on the planet. To calculate the Footprint, it is necessary to calculate the amount hectares of land and water used to obtain productive resources consumed as well as the absorption of waste. The increasing use of the Ecological Footprint is representative of its potential for comparison of easy communication, applicable at different scales, such as a city. This perspective considers the environment of the city is not only their immediate surroundings, but the whole planetary ecosystem. Manaus is an important example of urban area in the Amazon, with a history of significant expansion over the last 20 years, and consequent environmental damage associated. This study aims to test the application of methodological tools used to calculate the Ecological Footprint in the Urban Area of Manaus, in the year 2010. As a reference, we used the method employed by Cervi and Carvalho (2010), which considers the variables: green area; built urban area, forest products, food consumption, transportation, electricity, water and solid waste. The test, though inconclusive, showed partial results as 0.164 Gha per capita Food, 3.45 Gha for Electricity, 1.76 Gha for Ground Transportation, and others. The interpretation should be made with caution due to the unavailability of data, the inferences made to generate approximations and the own weaknesses of the model, focused on consumption patterns. This approach underestimates the environmental degradations related to products manufactured on site and exported, a situation that, in the Industrial Pole of Manaus, cannot be ignored. However, as an academic exercise, if interpreted with caution, the study is a step forward in trying to understand the impact of the development model of the city.

**KEYWORDS: Ecological Footprint, Manaus, Environmental Impact Indicator.**

---

<sup>5</sup>The study is the result of an academic exercise conducted by the Environmental Management System course, taught by Prof. Neliton Marques within the Graduate Program in Environmental Sciences and Sustainability in the Amazon Federal University of Amazonas - PPGCASA / UFAM.

<sup>6</sup> Geographer, MSc student at PPGCASA/ UFAM Geógrafo, mestrando do PPGCASA/ UFAM.

<sup>7</sup> Architect and Urban Planner, Analyst Higher Education Foundation's Centre for Analysis, Research and Technological Innovation-FUCAPI and master's PPGCASA / UFAM.

<sup>8</sup> Agronomist, Ph.D. in Entomology, professor at the Federal University of Amazonas and teacher's permanent PPGCASA / UFAM.

## INTRODUÇÃO

A Pegada Ecológica ou *Ecological Footprint* é uma ferramenta de avaliação, proposta por Wackernagel e Rees (1996), que representa o espaço ecológico necessário para sustentar um determinado sistema ou unidade, a partir da contabilização dos fluxos de matéria e energia que entram e saem e conversão em área correspondente de terra ou água existentes na natureza (BELLEN, 2006).

Esse indicador é a soma de solo cultivável, pastagens, florestas, áreas pesqueiras, solos urbanizados, e solo para absorção de carbono demandados pelas atividades humanas realizadas para garantir o estilo de vida de uma população: alimentação, produção de bens e serviços, transporte, geração e consumo de energia, entre outros.. Fundamentada no conceito de capacidade de carga, representa a apropriação de um grupo, conforme seu nível de consumo, sobre a capacidade de carga total do sistema, ou seja, é a área de ecossistema necessária para assegurar a sobrevivência de uma população. (CERVI & CARVALHO, 2007).

Para tanto, contabiliza-se a contribuição de diversos componentes do modo de vida de um grupo, convertendo-as em áreas, cujo somatório representará uma área produtiva capaz de repor, pelo menos em teoria, o capital natural consumido. Esta área é passível de comparação com o espaço efetivamente existente no Planeta, ou seja, com sua biocapacidade<sup>9</sup> (quantidade de área terrestre e aquática biologicamente produtiva no planeta), a partir do que pode-se inferir a respeito da sustentabilidade de um sistema (CERVI & CARVALHO, 2007).

O crescente uso da Pegada Ecológica é representativo de seu potencial comparativo de fácil comunicação, aplicável em diferentes escalas, como uma cidade. Nesse caso, a pegada quantifica o território que cada habitante desta cidade necessita para viver. Essa perspectiva considera que o ambiente da cidade não é apenas seu entorno imediato, mas todo o ecossistema planetário global (MARTINEZ ALIER, 1999), dado que a cidade demanda produtos de outras localidades que e

---

<sup>9</sup> Análises sobre biocapacidade não fazem parte do escopo deste estudo.

seus impactos adversos (emissões atmosféricas, poluição hídrica, perda da biodiversidade, etc) não estão circunscritos ao seu limite geográfico

Curitiba, Londrina e Rio de Janeiro são exemplos de cidades brasileiras que possuem Pegadas Ecológicas contabilizadas (CERVI & CARVALHO, 2010; LISBOA & BARROS, 2010). Na Amazônia, a despeito de sua importância ambiental no cenário mundial, não existem iniciativas similares. Manaus, nesse ínterim, figura como importante exemplo de zona urbana desenvolvida no meio da floresta, com histórico de expressiva expansão urbana nos últimos 20 anos, e conseqüente ônus ambiental.

Este estudo tem por objetivo testar a aplicação dos instrumentos e ferramentas metodológicas da Pegada Ecológica utilizadas para elaborar sua estimativa para a Área Urbana de Manaus – AM, referente ao ano 2010. A área de análise limita-se à zona urbana da cidade definida no Plano Diretor Urbano e Ambiental do Município (Lei N° 671, de 04 de novembro de 2002), que corresponde a 4% da área total do município, e comporta 99% de sua população (NOGUEIRA et al., 2007) Utilizou-se como referência no exercício o método empregado por Cervi e Carvalho (2010, p.16), que estabelece cálculo a partir das variáveis: Área verde; Área urbana construída; Produtos Florestais; Consumo de alimentos; Transporte; Energia elétrica; Água e Resíduos sólidos.

O trabalho é resultado do exercício acadêmico realizado pela turma 2011 da disciplina: Sistema de Gestão Ambiental, ministrada pelo Professor Dr. Neliton Marques do Programa de Pós-Graduação em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia.

## **ARCABOUÇO METODOLÓGICO**

### **a. Método de Cálculo**

As categorias utilizadas no calculo são divididas em: categorias de terrenos (terras de cultivo, pastagens, oceanos, florestas, terras de energia, área para a proteção da biodiversidade e espaço construído), e categoria de consumo (alimentação, habitação, transporte, bens de consumo e serviços). Cada categoria

de consumo deve ser convertida numa área de terreno por meio de fatores de produtividade ou rendimento.

Segundo Wackernagel e Rees (1996, p. 65), deve ser estimado o consumo pessoal médio anual a partir dos dados agregados do consumo regional ou nacional. Após, devem ser estimadas as áreas de terras apropriadas para a produção de cada item, pela divisão da média anual pessoal pela média anual de produtividade ou rendimento da área em estudo:

$$AAI = CI / PI, \text{ onde:}$$

- AAI é a estimativa da quantidade de área de terra apropriada per capita (ha/per capita);
- CI é a estimativa da média anual de consumo per capita (kg/per capita); e
- PI é a estimativa da produtividade ou rendimento médio anual do item (kg/ha).

A Pegada Ecológica Média Anual Per Capita é o somatório das áreas de terras apropriadas para o consumo individual e a Pegada Ecológica Total de uma população num espaço é a multiplicação da Pegada Ecológica Per Capita pelo total da população estudada. Conforme o Relatório Planeta Vivo (WWF, 2010) esta área é expressa em uma unidade universal de área biologicamente produtiva, denominada hectare global (global hectare- gha). Essa unidade é encontrada pela aplicação de fatores de rendimento e fatores de equivalência, que objetivam a normalização dos dados com padrões mundiais de produtividade. Tais coeficientes de equivalência são calculados periodicamente. Neste trabalho, utiliza-se como referência os valores estabelecidos em 2007 (WWF,2010).

Tipo	Fator de Equivalência –Gha/Há
Lavoura	2.51
Floresta	1.26
Pastagem	0.46
Área de Pesca	0.37
Área Edificada	2.51

Tabela 1 - Fatores de Equivalência , ref. 2007 ( WWF, 2010)

Importante destacar que as áreas obtidas representam usos teóricos do solo, dado que a terra pode ser utilizada para mais de uma atividade simultaneamente. Ademais, os tipos de solo utilizados na análise da Pegada Ecológica não incluem áreas com biodiversidade dispersa como terras alagadas, pântanos, ou tundra,

porque essas áreas normalmente não oferecem recursos que possam ser diretamente explorados ou contabilizados (CERVI & CARVALHO, 2007).

Para obtenção dos resultados expressos a seguir, considerou-se as seguintes premissas:

- 1 hectare de floresta tropical absorve em média 1000kg de CO<sub>2</sub>/ano, segundo IPCC (apud Cervi & Carvalho, 2010);
- A população de Manaus, conforme senso 2010 IBGE (IBGE, 2011) é 1.802.014 habitantes.

## RESULTADOS

### a. Consumo de Água

O levantamento de dados do consumo per capita de água foi realizado pela mestrandia Thayná Machado. Cabe ressaltar que o componente água doce não está incluído no cálculo da Pegada Ecológica (o indicador adequado para medição do impacto denomina-se Pegada Hidrológica), pela impossibilidade de conversão nos termos dos hectares globais diretamente. Dessa forma, é utilizado neste exercício um cálculo aproximado, adotado por Cervi & Carvalho (2010), que relaciona as emissões de dióxido de carbono ao processo de tratamento e distribuição de água.

Conforme dados da Concessionária Águas do Amazonas, coletados pela mestrandia, o volume de água distribuído em 2009 foi de 17.409.000 Litros/mês, sem projeções de variação para 2010 (dados indisponíveis). A concessionária, entretanto, estimou 1.605.284 como população servida.

A porcentagem total de perda de água é estimada em 61%, segundo Relatório de Atividades 2009 ARSAM (não há projeções para 2010). Tendo em vista que 1 megalitro de água tratada emite 370 kg de CO<sub>2</sub>/ano para a atmosfera segundo IPCC (apud ANDRADE, 2006, p.80) e, tem-se:

Item	Volume distribuído e Perdas (m <sup>3</sup> )	População servida	Consumo per capita (m <sup>3</sup> )	Emissão de CO <sub>2</sub> (kg)	Área p/ Absorção (ha)	Fator de Equivalência	PE Água (Gha)
Água	336341.88	1605284	0.210	124446.5	124.45	1.26	156.80

Tabela 2- Cálculo PE para Água

Sendo assim, a pegada ecológica da componente Água é de 0.00008702 Gha/hab. É preciso destacar que tal valor, inexpressivo, não representa efetivamente o consumo de água, pois exclui outras formas de abastecimento que não a Concessionária, por exemplos, poços e cacimbas.

#### **b. Consumo de Alimentos**

Para cálculo, considerou-se que a maior parte do que é consumido é importado de outras localidades, de maneira que o potencial de consumo da população da área urbana majoritariamente despreza as áreas produtivas locais, uma vez que não representam extensão relevante no recorte espacial proposto.

Para estabelecer um padrão quantificável de consumo de alimentos na área urbana de Manaus, construiu-se um cenário ideal de consumo médio, inferindo que todos os habitantes da área urbana tem acesso ao mínimo necessário para sua nutrição. Essa inferência está apoiada em dados do DIEESE/AM (Departamento Intersindical), SEPLAN (Secretaria de Estado de Planejamento e Desenvolvimento econômico), coeficientes técnicos da EMBRAPA e senso IBGE 2010.

Os parâmetros para a escolha dos itens que compõem a cesta básica do DIEESE se apoiam no Decreto-Lei nº399 de 30 de abril de 1938, no qual estabelece-se que um adulto trabalhador necessita consumir diariamente 3000 calorias e são classificadas em 3 regiões distintas, sendo que o Amazonas faz parte da região 2 (estados do norte e nordeste).

A SEPLAN (AMAZONAS,2007) sugere uma cesta básica similar a do DIEESE (2009). Entretanto, com um caráter regional inserindo uma porção de jaraqui e farinha como elementos diferenciados do padrão nacional. Além disso, a SEPLAN (AMAZONAS,2007) restabelece o volume de consumo de alguns dos itens (tais como arroz e carne bovina) e da unidade de referência para o consumo desta, de maneira que a cesta básica regionalizada é destinada a suprir as necessidades alimentares de uma família com 2 adultos e 2 crianças (equivalente ao consumo médio de 3 adultos).

A cesta básica do CEPLAN foi adotada, pelas suas características regionais e importância que o pescado assume em nível local, já que, segundo a SEPLAN o consumo per capita de peixe no Médio Amazonas é de 134,7 kg/ano. Dessa cesta

foram selecionados alguns itens com peso econômico e ecológico relevante: Carne vermelha, carne de frango, pescado, arroz, feijão, farinha. Para efeito de cálculos, neste item específico, buscou-se adaptar a metodologia proposta por Lisboa e Barros (2010) no cálculo da pegada ecológica da cidade de Londrina/PR.

A produtividade média dos itens selecionados foi obtida da seguinte forma:

- Carne: De acordo com Euclides Filho (2000) a produtividade média na Amazônia ocidental é de 01 UA/ha ou 225 kg/ha.
- Frango: calculada em função da produtividade média do milho, ingrediente que representa cerca de 60% da ração consumida e expressa de fato um número próximo da área real necessária para manter o consumo de frango idealizado (EMBRAPA,2000).
- Feijão, arroz e mandioca:obtida por média simples entre estados da região sudeste, norte e centro-oeste (DUARTE *et. al*, 2005), uma vez que não foram obtidas médias locais oficiais.
- Pescado: utilizado o consumo médio padrão de 155 g/dia (RUFFINO,2004) em trabalho sobre recursos pesqueiros na Amazônia para região do médio Amazonas, também adotada pelo Núcleo Estadual de Arranjos Locais, (AMAZONAS, 2008) em Estudo de Potencial do arranjo produtivo local na cidade de Tabatinga no Amazonas. Adotou-se também o coeficiente técnico de produtividade referente a ambientes de criação controlado (RUFFINO, 2004; AMAZONAS, 2008).
- Farinha de mandioca: baseado em dados da Embrapa Amazônia Ocidental (2000), levando em consideração coeficientes regionais onde se estima que a cada hectare plantado é produzido em média 1500 kg de farinha.

Itens	Consumo Per capita (kg/ano)	Consumo Total (kg/ano)	Produtividade (Kg/Ha)	Área (Ha)	Fator de Equiv.	PE Alimentos (Gha)
Carne bovina	6.00	10812084.00	225.00	48053.71	0.46	22104.71
Frango	6.84	12325775.76	1216.00	10136.33	2.51	25442.19
Peixe	55.80	100552381.20	2743.00	36657.81	0.37	13563.39
Arroz	14.00	25228196.00	4700.00	5367.70	2.51	13472.93
Feijão	18.00	32436252.00	910.00	35644.23	2.51	89467.02
Farinha	43.77	78879558.82	1500.00	52586.37	2.51	131991.80
Pegada ecológica consumo de alimentos						296042.03

Tabela 3 - Cálculo PE para Consumo de Alimentos

Sendo assim, a pegada ecológica da componente Consumo de Alimentos é de 0.16428398 Gha/hab, ressaltando-se, novamente, que a estimativa de consumo pressupõe uma alimentação ideal, sem diferenças entre os habitantes da cidade, situação certamente fictícia e que a utilização de índices subestima o consumo de determinados grãos, como por exemplo, o arroz.

### **c. Consumo de Energia Elétrica**

A coleta e análise de dados da variável energia elétrica foi realizada pela doutoranda Hamida Assunção Pinheiro, junto à empresa Eletrobras Amazonas Energia, que distribui energia gerada através de usinas termoelétricas e uma usina hidrelétrica (cerca de 15%) situada em Balbina, município de Presidente Figueiredo.

O total de energia bruta produzida em 2010 foi de 7.255,7 GWh (gigawatt-hora). Para o cálculo da pegada ecológica, foi feita a conversão de GWh para KWh (1GWh = 1.000.000 KWh) e considerou-se que a geração de 1 KWh de energia elétrica produz a emissão de 1,5 libras de dióxido de carbono (CERVI & CARVALHO, 2010). Dessa forma, tem-se:

Item	Produção 2010(Kwh)	População	Consumo per capita (kwh)	Emissão de CO <sub>2</sub> (kg)	Área para Absorção Co <sub>2</sub> (Ha)	Fator de Equiv. (Fe)	PE Energia (Gha)
Energia Elétrica	7255700000	1802014	4026.44	4936695238.5	4936695.24	1.26	6220236

Tabela 4 - Cálculo PE para Energia Elétrica

Sendo assim, a pegada ecológica da componente Energia Elétrica é de 3.451Gha/hab. Esse valor, significativo em termos de consumo, cobre o fornecimento de energia para o Distrito Industrial de Manaus, e não deve ser analisado unicamente como indicador de padrão de consumo de domicílios residenciais.

### **d. Consumo de Produtos Florestais**

Os dados foram extraídos do Anuário Estatístico 2009/2010 produzido pela Secretaria de Estado de Planejamento e Desenvolvimento Econômico-SEPLAN, referentes aos dados de produção para os anos de 2007 a 2009, em pesquisa bibliográfica realizada pelo mestrando Cleber Damasceno.

A referida publicação contém dados de produção para Carvão Vegetal, Lenha e Madeira em tora. Não foram encontrados dados para consumo de papel. A produtividade média em ha dos itens selecionados foi obtida da seguinte forma:

- Lenha e Madeira: considerou-se rendimento de 2,3m<sup>3</sup>/ha/ano;
- Carvão: converteu-se o valor de toneladas para m<sup>3</sup>, utilizando a conversão proposta por PNUD/FAO/IBAMA(1993): 1 t de carvão (cv) = 3,636 m<sup>3</sup>. A seguir, converteu-se de m<sup>3</sup> para estéreo (st- medida de madeira empilhada) 1 m<sup>3</sup> de cv = 5,66 st de lenha e 1 m<sup>3</sup> de lenha = 3,32st. Assim, a produção de 64 ton. de carvão (SEPLAN,2010) corresponde a 232,704 m<sup>3</sup> de carvão (64x3,636), o que equivale a 1.317,104 st de lenha (232,704x5,66) ou a 396,718 m<sup>3</sup> de lenha (1.317,104/3,32)

Dessa forma, tem-se consolidado na tabela 05 :

Item	Produção 2009 (m <sup>3</sup> )	Produção per capita 2009 (m <sup>3</sup> )	Estimativa 2010 (m <sup>3</sup> )	Rendimento (m <sup>3</sup> /Ha)	Área necessária (ha)	Fator de Equiv.	PE Prod. Flor (Gha)
Lenha	5293.00	0.003044	5485.93	2.30	2385.19	1.26	3005.33
Carvão	396.72	0.000228	411.18	2.30	178.77	1.26	225.25
Madeira	7843.00	0.004511	8128.88	2.30	3534.29	1.26	4453.21
Consumo Produtos Florestais							7683.80

Tabela 5 - Cálculo PE para Produtos Florestais

Sendo assim, a pegada ecológica da componente “Produtos Florestais” é de 0.004264 Gha/hab. Ressalta-se, todavia, que a disponibilidade de dados não permitiu cálculo a partir de informações sobre o efetivo consumo desses produtos e exclui a celulose utilizada como embalagem no Pólo Industrial de Manaus. Os dados de produção tomados como referência devem representar apenas parte mínima desta componente, uma vez que a maior parte do consumo vem de produtos importados de outras localidades e não há registros dessas aquisições disponíveis para consulta.

#### e. Transporte Terrestre

Os dados referentes à frota em circulação em Manaus foram coletados no Módulo @cidades do IBGE, baseado nos dados do Departamento Nacional de Trânsito – DENATRAN. A partir desse quantitativo inicial e considerando

levantamento de fontes secundárias em bibliografia correlata ao tema, foi possível estimar a quilometragem rodada, combustível consumido e as emissões decorrentes, conforme disposto na tabela 06:

Veículo	Frota 2010*	Combustível	Eficiência ** (km/l)	Km média anual***	Consumo Combustível Anual	Consumo Combustível Anual Frota
Automóvel	252274	Otto	9	12,687.00	1,409.67	355,622,248.67
Caminhonete	49981	Diesel	9.2	61,566.00	6,691.96	334,470,678.91
Camioneta	18812	Diesel	9.2	61,566.00	6,691.96	125,889,086.09
Micro-ônibus	2334	Diesel	4.7	43,871.00	9,334.26	21,786,151.91
Motocicleta	83459	Otto	28	12,000.00	428.57	35,768,142.86
Motoneta	8563	Otto	28	12,000.00	428.57	3,669,857.14
Ônibus	5807	Diesel	2.37	87,051.00	36,730.38	213,293,315.19
Utilitário	2403	Otto	9	12,687.00	1,409.67	3,387,429.00

\* Fonte: IBGE @cidades  
 \*\* Fontes: ALVARES & LINKE, s/d; BASTOS, 2011; GREENCO2, 2011. .  
 \*\*\* Fonte: : ALVARES & LINKE, s/d; BASTOS, 2011; LANDMANN,s/d.

Tabela 6 - Cálculo do Consumo de Combustível da Frota Circulante em Manaus

Consumo Combustível Anual Frota	Fator* Emissões	Emissão de Co <sub>2</sub> /Ano (Kg)	Área Absorção CO <sub>2</sub> (ha)	Fator de Equivalência	PE Transp. Ter. Gha
355,622,248.67	1.7809	633,327,662.65	633,327.66	1.26	797992.9
334,470,678.91	2.606	871,630,589.25	871,630.59	1.26	1098255
125,889,086.09	2.606	328,066,958.34	328,066.96	1.26	413364.4
21,786,151.91	2.606	56,774,711.89	56,774.71	1.26	71536.14
35,768,142.86	1.7809	63,699,485.61	63,699.49	1.26	80261.35
3,669,857.14	1.7809	6,535,648.59	6,535.65	1.26	8234.917
213,293,315.19	2.606	555,842,379.38	555,842.38	1.26	700361.4
3,387,429.00	1.7809	6,032,672.31	6,032.67	1.26	7601.167
Pegada Ecológica Transporte Terrestre					3177607

\* Fonte: GREENCO2, 2011

Tabela 7- Cálculo PE para Transporte Terrestre

Sendo assim, a pegada ecológica da componente Transporte Terrestre é de 1.763Gha/ha. Ressalta-se que embora reconheça-se o impacto inconteste, para esse exercício foram retirados do cálculo as emissões referentes à frota de caminhões, por entender-se que a circulação destes, devido ao Polo Industrial, não está circunscrita ao município. Ressalta-se, também, que não foram considerados veículos abastecidos de etanol e GNV, pela indisponibilidade de dados para tais estimativas.

#### f. Transporte Aéreo

Os dados foram fornecidos pela Empresa SHELL Brasil (quantidade de combustível necessário para o abastecimento de vôos procedentes do Aeroporto Eduardo Gomes diariamente) e coletados e analisados pela mestrandia Mayara Silva. De acordo com a SHELL Brasil, utiliza-se diariamente 180m<sup>3</sup> de querosene e 2m<sup>3</sup> de gasolina. Com as informações prestadas, os dados foram organizados na tabela a seguir:

Item	Consumo em 2010 (l)	Consumo Per capita 2010 (l)	Fator de Emissões (kgCO <sub>2</sub> /l)*	Emissões Co <sub>2</sub>	Área Absorção	Fator de Equiv.	PE Trasp.Aer Gha
Gasolina	65700000	36.45921	2.461	161687700	161687.7	1.26	203726.5
Querosene	730000	0.405102	1.781	1300057	1300.057	1.26	1638.072
Pegada Ecológica Transporte Aéreo							205364.6
* Fonte: GREENCO2, 2011.							

Tabela 8 - Cálculo da PE para Transporte Aéreo

Sendo assim, a pegada ecológica da componente Transporte Aéreo é de 0.114Gha/hab. Novamente, uma vez que as emissões de CO<sub>2</sub> não estão circunscritas a Manaus, é necessário cautela na análise do indicador, dado que na aplicação da ferramenta em cálculos oficiais, o consumo de combustível de um passageiro deve ser contabilizado em seu local de origem e, neste caso, pela indisponibilidade de dados e pela proposta pedagógica da disciplina, limitou-se a analisar o consumo local e não a extensão dos trechos percorridos por este modal relativos a sua população.

#### g. Área Construída

Para o cálculo da pegada ecológica da área produzida foi montado um banco de dados geográficos com a aplicação de técnicas de sensoriamento remoto, conforme proposto por Lisboa e Barros (2003) no software Spring 5.1.8 (INPE, 2010), com os limites da área urbana de Manaus em acordo com a proposta de plano diretor em exercício, imagem de sensor remoto TM Landsat 5 de outubro de 2010, orbita ponto 231/62, nas bandas 5(R), 4(G), 3(B).

O georreferenciamento da imagem foi realizado a partir de pontos de controle pelo método polinomial de primeiro grau tendo como base georreferenciada o vetor de arruamento em formato da SEMMAS (Secretaria Municipal de Meio Ambiente e

Sustentabilidade). Após esta fase a imagem foi recortada utilizando-se uma máscara vetorial equivalente ao polígono do limite urbano do município.

Após o recorte foi realizada a segmentação da imagem com a técnica de crescimento por regiões (INPE, 2006), que consiste no reconhecimento de padrões de agrupamentos de pixels geralmente apoiado em sua resposta espectral. Após a segmentação foi realizado o processo de classificação não supervisionado, onde foram criadas por treinamento 4 classes (água, área verde e área construída) aplicando o algoritmo Bhattacharya que utiliza a distância de Bhattacharya para medir a separabilidade estatística entre pares de classes espectrais, calculando a distância de cada região para classes criadas no treinamento, de forma que a mais próxima será escolhida (JENSEN, 1996). Após a classificação, cada classe encontrada teve sua área calculada, conforme tabela 09:

Classe	Área (ha)	Área (Km2)
Água	741,608	7,416
Área construída	22966,839	229,668
Vegetação	21055,448	210,554
Área total das classes (área urbana)	44763,895	447,639
Área total dos Polígonos não classificados	3,420	0,0342

Tabela 9 - Métricas de uso e cobertura área urbana de Manaus

Dessa forma , tem –se:

Item	Área (ha)	Ha per capita 2010	Fator de Equivalencia	Pegada Ecologica (GHa)
Área construída	22966.839	0.012745095	2.51	57646.77

Tabela 10 - Cálculo da PE para Área Construída

Sendo assim, a pegada ecológica da componente Área construída é de 0.034Gha/hab. Em cálculos posteriores, é necessário verificar como efetuar a inclusão da área de água (devido seu estado de degradação poderia vir a somar a área construída) e como calcular a contribuição das áreas verdes, ainda existentes na cidade, que prestam relevantes serviços ambientais.

#### **h. Resíduos Sólidos**

Os dados da produção de lixo no município de Manaus foram informados pela Secretaria Municipal de Limpeza e Serviços Urbanos - SEMULSP, coletados e

analisados pelo doutorando Marcelo Pereira, considerando somente o lixo coletado e transportado até o aterro controlado. Desta forma, estão excluídos os resíduos perigosos ou recicláveis, cujo destino é de responsabilidade dos geradores, como no caso do Pólo Industrial de Manaus.

Importante destacar, conforme levantamento do referido discente, que estima-se que cerca de 1.000 toneladas de lixo deixam de ser computados por mês pela prefeitura, o que gera o número de 12.000 toneladas médias por ano. Considerou-se também como fator de emissão 1kg de C O<sub>2</sub> para cada 3kg de resíduos (ANDRADE,2006). Assim, os dados foram organizados na tabela abaixo:

Resíduos Sólidos 2010 (Kg)	Emissão de Gás Carbônico (Kg)**	Área p/ Absorção Co <sub>2</sub> (Ha)	Pop. Urbana	Área/ Habitante (há/hab)	Fator de Equivalência (FE)	PE Resíduos
833823000	277941000	277941	1802014	0.15423909	1.26	350205.66

Tabela 11 - Cálculo da PE para Resíduos Sólidos

Dessa forma, a pegada ecológica da componente Resíduos Sólidos é de 0.194Gha/hab. Esse valor não contabiliza a geração de resíduos perigosos, resíduos reciclados e demais quantitativos que são queimados ou destinados erroneamente, o que permite inferir que o impacto de resíduos do Pólo Industrial de Manaus não está mensurado em toda sua magnitude nesse indicador.

#### i. Síntese dos resultados

Considerando as componentes selecionadas para este estudo, tem-se:

Componente	Pegada Ecológica Manaus (GHa)	Pegada Ecologica Per capita (GHa)
Água	156.80	0.00008702
Energia Elétrica	6220236.00	3.451824459
Alimentos	296042.03	0.16428398
Produtos Florestais	7683.80	0.004264006
Transporte Terrestre	3177606.736	1.763364067
Transporte Aéreo	205364.5738	0.113963917
Resíduos Sólidos	350205.66	0.194341254
Área Construída	57646.76521	0.031990187
Total	10,314,942.37	5.724118885

Tabela 12 - Somatório PE para Manaus e Per Capita

Esse resultado representa um esforço de aproximação e não deve ser tomado como conclusivo na mensuração do impacto da área urbana de Manaus.

Comparando os resultados com a Pegada Ecológica do Município do Rio de Janeiro (CERVI & CARVALHO, 2010), é possível observar que em termos absolutos Manaus tem uma Pegada ecológica inferior, haja vista que o resultado para o referido exercício é de 24393323,93 Gha (para uma população de 5.974.081 habitantes).

Entretanto, ao se considerar a Pegada per capita, observa-se que cada habitante de Manaus teria a necessidade de 5,724Gha para suportar sua existência. Acredita-se que os resultados são indícios da forte demanda por recursos naturais que o modelo de desenvolvimento, baseado no Pólo Industrial, traz. Essa hipótese é evidenciada no fato que os grandes contribuintes para o resultado são a energia elétrica e emissões da frota terrestre.

Também considerando os resultados do município do Rio de Janeiro verifica-se que o cálculo relativo ao consumo de alimentos está provavelmente subestimado, uma vez que este representa 43,67% do valor calculado por Cervi e Carvalho (2010) e neste teste, responde por apenas 2,87% do somatório de hectares globais.

Ao se comparar os valores encontrados com a área efetiva da cidade também verifica-se indicações da demanda significativa por hectares globais. A população residente em uma área de 37.700 ha, apropria-se pelo seu modo de vida, de uma área bioproductiva de 10.314.942,37Gha, ou seja, cerca de 274 vezes a área atualmente ocupada.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O trabalho realizado pode ser caracterizado por dois esforços fundamentais: compreensão e adaptação dos métodos para a realidade local e coleta e tratamento de dados para obtenção da estimativa de consumo. Por se tratar de um exercício realizado no âmbito de uma disciplina e não uma pesquisa acadêmica propriamente dita, as adaptações realizadas objetivavam principalmente tornar a proposta exequível em prazo curto, razão pela qual foram utilizadas fontes secundárias.

Nesse sentido, a indisponibilidade de informações foi notória, o que levou a exclusão da componente Consumo de Gás Natural e Transporte Aquaviário, embora tais itens sejam relevantes, principalmente considerando a característica local.

A pegada ecológica é uma ferramenta de simples compreensão, mas requer um conjunto de dados quantitativos confiáveis, dado que o método considera os dados estatísticos com base em apenas algumas categorias, de modo a simplificar a coleta e que a maior parte das estimativas realizadas é fundamentada em médias de consumo e de produtividade, que tendem a mascarar o verdadeiro consumo ou rendimento (RIBEIRO,2007).

Outra fragilidade constatada está na homogeneização do estilo de vida da população, que ignora as diferenças sociais dos modelos de produção e consumo humano. Além disso, abordando os padrões de consumo dos habitantes como referência, deixa-se escapar o impacto que é “exportado”, ou seja, tudo o que é produzido e será consumido e descartado em outra localidade.

Essa abordagem subestima as degradações ambientais relacionadas ao Pólo Industrial de Manaus, que, embora sejam sinalizadas nas Pegadas Ecológicas de Energia e Transporte Terrestres, certamente não são apreendidas em sua magnitude. Todavia, na condição de exercício acadêmico, interpretado com suas ressalvas, o estudo é um avanço na tentativa de compreender o impacto do modelo de desenvolvimento da cidade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARES, O.M; LINKE, R.R.A. **Metodologia Simplificada De Cálculo Das Emissões De Gases Do Efeito Estufa De Frotas De Veículos No Brasil**. Disponível em [http://www.ambiente.sp.gov.br/proclima/PDF/inventario\\_efeitoestufa.pdf](http://www.ambiente.sp.gov.br/proclima/PDF/inventario_efeitoestufa.pdf). Acesso em 15 de outubro de 2011.

ANDRADE,B.B. **Turismo e sustentabilidade no Município de Florianópolis: uma aplicação do método pegada ecológica**. Dissertação (Mestrado em Administração). UFSC, Florianópolis, 2006.

AMAZONAS (Estado). Secretaria de Estado de Planejamento e Desenvolvimento Econômico. **Anuário Estatístico do Amazonas, 2009-2010**. Manaus, AM, 2011.

AMAZONAS (Estado). Secretaria de Estado de Planejamento e Desenvolvimento Econômico. **Nota Técnica Nº. 001/2007-DDR. Desoneração Da Cesta Básica**. Manaus, AM, 2007. Disponível em [www.seplan.am.gov.br/arquivos/download/.../art.../cesta\\_basica.pdf](http://www.seplan.am.gov.br/arquivos/download/.../art.../cesta_basica.pdf). Acesso em 13 de outubro de 2011.

AMAZONAS (Estado). Núcleo Estadual de Arranjos Locais. **Plano de desenvolvimento preliminar apl de produção de pescado cidade pólo: tabatinga**. Manaus, 2008. Disponível em: [http://www.mdic.gov.br/arquivos/dwnl\\_1248265168.pdf](http://www.mdic.gov.br/arquivos/dwnl_1248265168.pdf) , acesso em 13 de outubro de 2011.

AMAZONAS (Estado). Agência Reguladora dos Serviços Públicos Concedidos do Estado do Amazonas. **Relatório de Atividades**. Manaus,2009. Disponível em: [www.arsam.com.br](http://www.arsam.com.br), acesso em 09 de outubro de 2011.

Anais do II Seminário Internacional de Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia, Manaus: EDUA. 2012 (2). ISSN: 2178-3500

BASTOS, J. T. **Geografia da mortalidade no trânsito no Brasil**. 2011. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Carlos, São Paulo, 2011.

BELLEN, H.M. **Indicadores de Sustentabilidade: uma análise comparativa**. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2007.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **@Cidades**. Disponível em <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>, acesso em 18 de Outubro de 2011.

BRASIL. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **SPRING- Manual de Geoprocessamento: Segmentação de Imagens**. DPI-INPE, 2006. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/segmentacao.html>. Acesso de 07 de outubro de 2011.

CAMARA, G.; SOUZA, R. C. M.; FREITAS, U. M, GARRIDO J. **SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modeling**. Computers & Graphics, 20: (3) 395-403, Mai-Jun, 1996.

CERVI, J. L; CARVALHO, P. G. M. A pegada ecológica do município do Rio de Janeiro. **Revista Iberoamericana de Economía Ecológica** Vol. 15: 15-29

CERVI, J. L; CARVALHO, P. G. M. .Pegada Ecológica: instrumento de análise do metabolismo do sócio-ecossistema urbano. In: **VII Encontro Nacional da ECOECO**. Fortaleza ,CE, 2007. Disponível em [http://www.ecoeco.org.br/conteudo/publicacoes/encontros/vii\\_en/mesa3/trabalhos/a\\_pegada\\_ecologica\\_breve\\_panorama.pdf](http://www.ecoeco.org.br/conteudo/publicacoes/encontros/vii_en/mesa3/trabalhos/a_pegada_ecologica_breve_panorama.pdf) . Acesso em 16 de outubro de 2011.

DIEESE. Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos. **Metodologia da cesta básica nacional** – Versão Preliminar. DIEESE, 2009, disponível em: <http://www.dieese.org.br/rel/rac/metodologia.pdf>. Acesso em 16 de outubro de 2011.

DUARTE, J.O.; CRUZ, J. C.; GARCIA, J. C.; MATTOSO, M. J. **Embrapa Milho e Sorgo**. Sistemas de Produção 1 - ISSN 1679-012. Versão Eletrônica - 2ª Edição, Dez, 2006. Disponível em: [http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Milho/CultivodoMilho\\_2ed/coeficientestecnicos.htm](http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Milho/CultivodoMilho_2ed/coeficientestecnicos.htm). Acesso em 13 de outubro de 2011.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Embrapa Gado De Corte**. Campo Grande, 2000. Disponível em: <http://www.cnpqg.embrapa.br/publicacoes/doc/doc85/020sistema.html>. Acesso em 18 de outubro de 2011.

EUCLIDES FILHO, K. **Produção de bovino de corte e o trinômio genótipo-ambiente-mercado**. Campo Grande: EMBRAPA, 2000.

GREEN CO<sub>2</sub>. **Relatório de Neutralização das Emissões de Gases de Efeito Estufa**. São Paulo, 2011. Disponível em [http://www.yescom.com.br/super9km/2011/portugues/greenco/Relatorio\\_Neutralizacao\\_Super9\\_2011.pdf](http://www.yescom.com.br/super9km/2011/portugues/greenco/Relatorio_Neutralizacao_Super9_2011.pdf), acesso em 15 de outubro de 2011.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. São José dos Campos: Parêntese. 2009. 2ªed. 672p.

LANDMANN, M.C.. **Estimativa das Emissões de poluentes dos Automóveis na Rmsp considerando as rotas de tráfego**. São Paulo, s/d. Disponível em <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd25/camilli.pdf>. Acesso em 15 de outubro de 2011.

LEITE, A. M. F e VIANA, M. O. L. **Pegada Ecológica: instrumento de análise de metabolismo do sócio-ecossistema urbano**. Disponível em <http://www.guiadoturista.net/amazonas/manaus.html>. Acesso em 11 de outubro de 2011.

Anais do II Seminário Internacional de Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia, Manaus: EDUA. 2012 (2). ISSN: 2178-3500

LISBOA, C. K. e BARROS, M. V. F. **A pegada ecológica como instrumento de avaliação ambiental para a cidade de Londrina.** Confins [Online], 8/ 2010. Disponível em <http://confins.revues.org/6395> . Acesso em 09 de outubro de 2011.

MARTINEZ-ALIER, J. **Justiça Ambiental (local e Global)**\_ in Clóvis Cavalcanti (org.) Meio Ambiente, Desenvolvimento Sustentável e políticas públicas, São Paulo: Cortez, 1999.

P. L. P. de MATTOS; V. S. BEZERRA. **Cultivo da Mandioca para o Estado do Amapá – Coeficientes Técnicos.** Embrapa Mandioca e Fruticultura Sistemas de Produção, ISSN1678-8796, 2003. Disponível em [http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mandioca/mandioca\\_amapa/coeficientestecnicos.htm](http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mandioca/mandioca_amapa/coeficientestecnicos.htm). Acesso em 07 de outubro de 2011.

PNUD/FAO/IBAMA. **Consumo de produtos florestais do setor domiciliar no Estado do Ceará.** Fortaleza, 1993. 32 p.

NOGUEIRA, A. C. F.; SANSON, F.; PESSOA, K. A expansão urbana e demográfica da cidade de Manaus e seus impactos ambientais. In: **Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto.** Florianópolis, SC. 21-26 abril 2007, INPE, p. 5427-5434.

REGINA, S. **Agricultores aumentam produção de mandioca seguindo recomendações técnicas** [artigo online]. Embrapa Amazônia Ocidental. Disponível em <http://www.cpaa.embrapa.br/agricultura-1/agricultores-aumentam-producao-de-mandioca-seguindo-recomendacoes-tecnicas>. Acesso em 12 de outubro de 2011.

RIBEIRO, M. F; PEIXOTO, J. A. A; XAVIER, L. S. Estudo do indicador de sustentabilidade pegada ecológica: uma abordagem teórico-empírica. In: **XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção.** Foz do Iguaçu, 2007.

RUFFINO M. L. **Pesca e os Recursos Pesqueiros na Amazônia Brasileira Médio Amazonas.** Manaus: PRÓ-VÁRZEA, IBAMA. 2004, 350p.

WACKERNAGEL, M; REES, W. **Our ecological footprint: reducing human impact on the earth** .Canada: New Society Publishers, 1996.160p.

WWF. **Living Planet Report 2006.** WWF, Gland, Switzerland,2006.

WWF. **Living Planet Report 2010.** Disponível em [http://assets.wwfbr.panda.org/downloads/08out10\\_planetavivo\\_relatorio2010\\_completo\\_n9.pdf](http://assets.wwfbr.panda.org/downloads/08out10_planetavivo_relatorio2010_completo_n9.pdf), acesso em 01 de novembro de 2011.