



PEGADA ECOLÓGICA UM MÉTODO PARA MENSURAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE. ESTUDO DIRECIONADO PARA O ESTADO DE GOIÁS – 2005 a 2010.

Vanessa Venância dos Santos¹
Universidade Estadual de Goiás

Joana D'arc Bardella Castro²
Professora orientadora, Universidade Estadual de Goiás

RESUMO: Este estudo tem como objetivo verificar as abrangências, eficiências e entraves da Pegada Ecológica como indicador no que tange a mensuração da sustentabilidade dentro do panorama socioeconômico do estado de Goiás entre 2005 a 2010. Foi construída a hipótese de que a Pegada Ecológica detém aspectos promissores no indicativo de sustentabilidade, por possuir em seu cálculo aspectos sociais e ambientais. Para testar esta hipótese, em um primeiro momento é apresentada a problemática a qual impulsionou o início deste estudo, o arcabouço teórico do indicador, bem como seus aspectos abrangentes e limitantes no processo de mensuração da sustentabilidade. Posteriormente foi apresentado e analisado os dados socioeconômicos e ambientais do Estado de Goiás, e realizado o cálculo da Pegada Ecológica. Chegou-se à conclusão de que a pujança econômica do estado de Goiás está aliada a um déficit significativo de sustentabilidade, quando esta é mensurada em termos de pegadas ecológicas.

Palavras-Chaves: Pegada Ecológica; Sustentabilidade. Bem Estar.

ABSTRACT: This study aims to determine the scopes, efficiencies and barriers of the Ecological Footprint as an indicator regarding the measurement of sustainability within the socio-economic overview of the state of Goiás between 2005 to 2010. It was built the hypothesis that the Ecological Footprint hold promising aspects in indicative of sustainability, by having in its calculation social and environmental aspects. To test this hypothesis, at first presents the problems which drove the start of this study, the theoretical framework of the indicator, as well as its comprehensive and limiting aspects in the measurement of sustainability process. It was later presented and analyzed the socioeconomic and environmental data of the State of Goiás, and performed the calculation of the Ecological Footprint. We came to the conclusion that the economic strength of the Goiás state is combined with a significant deficit of sustainability, when it is measured in terms of ecological footprints.

Key Words: Ecological Footprint; Sustainability. Wellness.

¹ Economista formada pela UEG.

PROBLEMÁTICA

Em decorrência da degradação de recursos naturais e da visível corrida em na busca de um crescimento expansivo da produção e do consumo, diversas mudanças de aspecto comportamental têm sido discutida por estudiosos, governos e instituições. Nesse debate enfatizaram a importância e a abrangência de indicadores e de índices nas decisões que buscam assegurar a conservação dos recursos naturais e a ampliação do acesso níveis mais elevados de qualidade de vida com base em mensuração mais eficaz, eficiente e equânime do crescimento econômico de países, estados ou regiões.

Neste aspecto, a Pegada Ecológica apresenta parâmetros coerentes quanto à mensuração de bem estar e qualidade de vida para o Estado de Goiás?

OBJETIVOS

Promover uma análise sobre o indicador Pegada Ecológica, apresentar os pontos eficientes e insipientes sob o panorama econômico do Estado de Goiás nos últimos 5 anos.

METODOLOGIA

A criação da PE está ligada ao apelo exposto na Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, ocorrida no Rio de Janeiro em 1992. Na concepção do documento, os indicadores de desenvolvimento sustentável deveriam fornecer aos tomadores de decisão uma gama de informações contundentes, que integrariam os aspectos do desenvolvimento econômico, sustentabilidade ambiental e equilíbrio social. Os indicadores desenvolvidos seriam um dispositivo de mensuração não somente do reflexo de crescimento, mas que abrangessem e transparecessem eficiência, suficiência e qualidade de vida. (MEADOWS, 1998).

Siche (2007, p. 67) mostra os três passos básicos para o cálculo da PE.

- a) Cálculo da Pegada – EF, considerando categorias de produtos (por exemplo, área de cultivo, florestas e pesca).

$$EF = \text{Consumo} \times \text{Fator de equivalência} / \text{Rendimento Global}$$

- b) Cálculo da Biocapacidade – BC, para cada categoria.

$$BC = \text{área bioproductiva} \times \text{Fator de rendimento} \times \text{Fator de equivalência}$$

c) Saldo Ecológico – SE, para cada categoria.

$$SE = \text{Biocapacidade} - \text{Pegada}$$

As classes de espaço ecológico empregado no cálculo da PE são divididas em: classe de terrenos (terras de cultivo, pastagens, oceanos, florestas, terras de energia, área para a proteção da biodiversidade e espaço construído) e classe de consumo (alimentação, habitação, transporte, bens de consumo e serviços).

Segundo WWF (2012) a média mundial da PE é de 2,7 hectares globais por pessoa. De acordo com o sétimo relatório “Planeta Vivo 2008” - *Living Planet Report* 2008, publicação bianual do Fundo Mundial para a Natureza - World Wildlife Fund (WWF), 2,1 ha/ano por pessoa é o recomendado para manter a biocapacidade do planeta. Nesse contexto, a média estimada indica uma situação na qual a população do planeta apresenta um déficit ecológico, equivalente a 0,9 gha/cap. Uma das consequências da excessiva exploração dos recursos naturais é a perda acelerada da biodiversidade, ou seja, a extinção ou brusca redução do número de populações de espécies de plantas e animais.

Segundo Cidin e Silva (2004), a PE tem uma representação importante na tomada de decisão governamental e no papel motivacional ao que tange a composição da consciência pública perante os problemas de ordem ambiental e social. Os autores sinalizam que o indicador tem alçada para estabelecer comparações entre regiões e nações, uma vez que abrange análises do consumo de recursos mediante atividade humana.

As limitações da PE encontram-se principalmente nas questões acerca de inclusão ou exclusão de fatores no cálculo. A maior crítica a esse modelo é analisar apenas o que é produtivo e o que é consumido. Entretanto, dessa maneira é descartada a destruição ou a exaustão do bioma, o qual não é avaliado como “útil” para o consumo, mas pode ser para outros serviços (ORTEGA, 2010). Esta limitação se estende a áreas não produtivas como montanhas, desertos e regiões cobertas por neve, por não serem contabilizadas, mesmo que produzam serviços ambientais diversos e que por sua vez sobre algum tipo de desgaste ambiental de ordem humana (ORTEGA, 2010).

Segundo Van Bellen (2006), o método para a cálculo da PE está envolto dos seguintes estágios: a) Cálculo da média anual de consumo produtos, nacionais ou regionais através da divisão do consumo total pelo tamanho da população – consumo anual *per capita*; b) cálculo, ou estimativa da área apropriada *per capita* para a produção de cada produto consumido,

através da divisão do consumo anual *per capita* (Kg/capita) pela produtividade média anual (Kg/ha); c) Cálculo da área da PE média por pessoa através da soma das áreas apropriadas *per capita* por item de consumo de bens ou serviços calculados no item b e; d) Cálculo da área da PE total através da multiplicação da área da PE média por pessoa pelo tamanho da população total.

De acordo com Wackernagel e Rees (1996, p. 65), para o cálculo da PE deve ser estimado o consumo pessoal médio anual a partir dos dados agregados do consumo regional ou nacional. Em seguida, 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:

$$AAI = CI/PI \quad (1)$$

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 necessárias como (lavoura, pastagem, pesca, entre outras) e é expressa por uma unidade universal de área biologicamente produtiva, denominada hectare global (gha). Esta unidade é encontrada mediante padronização de normatização dos dados de produtividade (WWF, 2010). Ver quadro 1.

Quadro 1 – Fator de equivalência para o cálculo da PE.

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

Fonte: WWF, 2010.

Quanto a sua eficácia, o principal objetivo do indicador é auxiliar na tomada de decisão e motivar a construção e/ou manutenção da consciência pública com relação aos problemas

ambientais, ressaltando a importância de cada nação se desenvolver de forma sustentável sem comprometer a demanda das gerações futuras. Além disso, o indicador possibilita que sejam estabelecidas comparações entre regiões e nações, uma vez que analisa o consumo de recursos, oriundos das atividades humanas, ante a capacidade de suporte da natureza, mostrando, assim, se os impactos no ambiente global são ou não sustentáveis a longo prazo (CIDIN; SILVA, 2003).

Neste estudo é estabelecido o cálculo a partir das variáveis: área verde; área urbana construída; produtos florestais; consumo de alimentos; transporte; energia elétrica; água e resíduos sólidos. Além de considerar que 1 hectare de floresta tropical absorve em média 1000kg de CO₂/ano, segundo IPCC (apud CERVI e CARVALHO, 2010).

SÍNTESE DOS RESULTADOS E DISCUSSÃO SOBRE PIB E PEGADA ECOLÓGICA

1 Dados ambientais do Estado de Goiás

1.1 Uso e cobertura do solo

A tabela 1 apresenta os dados de uso e cobertura do solo de Goiás, conforme dados da Superintendência de Geologia e Mineração (SIEG) – 2006. De uma superfície total de 340 mil km², menos de 50% são considerados áreas verdes. A tabela 2 retrata as áreas consideradas verdes no Estado. Segundo os dados do Sistema Estadual de Geoinformação (SIEG, 2014), contidos no Mapa Uso da terra e cobertura vegetal do Estado de Goiás – MACROZAE – 2014, observou-se na análise do uso de área urbana, que de 2005 a 2010 ocorreu um acréscimo de ocupação de 99,07%, onde o uso de área urbana era de 1.513,02 km² em 2005 e 3.012,01 km² em 2010.

As tabelas 3 e 4 retratam a quantidade de km² de áreas verdes do Estado em 2006 e 2010, onde se comparado aos dados de 2005, é observada uma perda de 0,2%, que corresponde a 235,98 km² de áreas

1.2 Consumo de carne bovina

Segundo o SEPLAN-GO (2005) e IBGE (2010), o consumo per capita de carne bovina nos anos de 2005 e 2010 era de 16,24 e 19,20 quilos respectivamente.

Tabela 1 - Estado de Goiás: Uso e Cobertura do Solo - 2006.

Especificação		Área (km ²)
Total		340.554,01
	Superfície de água	1.877,68
	Campo sujo/vereda	54,76
	Savana gramíneo lenhosa	2.020,44
Áreas Naturais		
	Savana parque	34.365,00
	Savana arborizada (Cerrado típico/Cerrado denso)	69.788,92
	Savana florestada (Cerradão)	7.622,76
	Florestas	6.788,01
Total		122.517,57
	Área urbanizada	1.513,02
	Cultura Anual	60.054,58
	Cultura em Pivô Central	876,12
Áreas Antropisadas		
	Não agricultura (mineração e outros usos)	51,32
	Pastagem	154.995,86
	Reflorestamento	545,54
Total		218.036,44

Fonte: Superintendência de Geologia e Mineração – SIEG, 2006.

Elaboração: SEPLAN-GO / SEPIN / Gerência de Estatística Socioeconômica – 2010 - Adaptação.

Tabela2 - Uso e Cobertura do Solo - Estado de Goiás - 2010.

Especificação		Área (km ²)
Total		340.554,01
	Superfície de água	5.284,48
	Campo sujo/vereda	
	Savana gramíneo lenhosa	
Áreas Naturais		
	Savana parque	
	Savana arborizada (Cerrado típico/Cerrado denso)	111.601
	Savana florestada (Cerradão)	
	Florestas	6.788,01
Total		123.673,49

Áreas Antropisadas	Área urbanizada	3.012,01
	Cultura Anual	
	Cultura em Pivô Central	76.926,05
	Não agricultura (mineração e outros usos)	30,1572
	Pastagem	138.454,97
	Reflorestamento	540
Total		218.963,18

Fonte: SIEG, 2014.Elaboração: A autora, 2014.

Tabela 3 – Uso e cobertura do solo – Áreas Verdes - Estado de Goiás - 2006.

Especificação	Área (km ²)
Campo sujo/vereda	54,76
Savana parque	34.365,00
Savana arborizada (Cerrado típico/Cerrado denso)	69.788,92
Savana florestada (Cerradão)	7.622,76
Florestas	6.788,01
Reflorestamento	545,54
Total	119.164,99

Fonte: Superintendência de Geologia e Mineração - SIEG. Elaboração: as autoras, 2014.

Tabela 4 - Uso e Cobertura do Solo – Áreas Verdes - Estado de Goiás - 2010.

Especificação	Área (km ²)
Campo sujo/vereda	
Savana parque	111.601
Savana arborizada (Cerrado típico/Cerrado denso)	
Savana florestada (Cerradão)	
Florestas	6.788,01
Reflorestamento	540
Total	118.929,01

Fonte: SIEG, 2014.Elaboração: A autora, 2014.

1.3 Consumo de Cereais

De acordo com os dados da Secretaria de Estado de Gestão e Planejamento de Goiás (SEPLAN-GO, 2005) e do IBGE (2010), o consumo de cereais por habitante decresceu 11,5% entre 2005 e 2010 conforme quadro 2. Foram necessários, em 2010, 282.964.532,2 quilos de cereais para suprir a demanda do Estado, enquanto em 2005 foram necessários 13.593.194,97 quilos a mais. Este fator está relacionado tanto ao número de habitantes que aumentou aproximadamente 360 mil no período, quanto ao perfil de consumo, em decorrência de mudanças em hábito alimentares e incremento do poder de compra.

Quadro 2 – Consumo de cereais por habitante - Goiás 2005 e 2010.

ANO	CONSUMO POR HAB (KG)	CONSUMO (KG) * Nº DE HABITANTE
2005 (1)	52,55	296.557.727,2
2010 (2)	47,13	282.964.532,2

Fonte (1): SEPLAN - GO, 2005. (2) IBGE, 2010. Elaboração: A autora, 2014.

1.4 Frota

Segundo dados do Departamento Nacional de Transito (DENATRAN, 2005 e 2010) a frota do Estado de Goiás aumentou em 72,18% entre os anos de 2005 e 2010, passando de 1.205.927 para 2.076.395 milhões. Com 5.643.344 habitantes em 2005, tinha-se em média 4 veículos por habitante, e em 2010 a média era de 2 veículos por habitante.

Quadro 3 – Frota de carros em Goiás – Dez 2005 / 2010.

Veículo por categoria	Frota anual (2005)	Frota anual (2010)
Automóvel	743.700	1.170.400
Caminhão	65.459	83.873
Camionetes	73.459	209.674
Micro-ônibus	3.512	5.721
Ônibus	1.1538	16.289
Motocicleta	308.259	590.438
Total	1.205.927	2.076.395

Fonte: DENATRAN, 2005 e 2010. Elaboração: A autora, 2014.

1.5 Consumo de energia elétrica

De acordo com dados da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) no ano de 2005 o Estado de Goiás consumiu por via das Centrais Elétricas de Goiás (CELG) 7.049.463.000,00 KW/H por ano, e em 2010 o consumo foi 34,20% maior. Conforme exposto no quadro 4, o consumo per capita cresceu 26,15% no período.

Quadro 4 - Consumo de energia por habitante - Goiás 2005 e 2010.

ANO	Produção anual (KW/H)	População	Consumo per capita (kwh)
2005	7.049.463.000,00	5.643.344	1.249,16
2010	9.460.697.350,00	6.003.788	1.575,79

Fonte: ANEEL 2005 e 2010. Elaboração: A autora, 2014.

1.6 Consumo de água

Segundo dados do SEPLAN-GO, a Companhia de Saneamento de Goiás (SANEAGO) entre os anos de 2005 e 2010 elevou o número de população atendida de 81% para 90%, o que representa um aumento no volume (m³) de água distribuída de 21,51%. O quadro 5 retrata os dados mencionados acima, e acresce quanto à análise de consumo per capita, dado que no período houve um aumento de 2,69%.

Quadro 5 - Consumo de água por habitante - Goiás 2005 e 2010.

ANO	VOLUME (m ³)	POPULAÇÃO ATENDIDA (%)	POPULAÇÃO ATENDIDA	CONSUMO PER CAPITA
2005	187850000	81%	4571108,64	41,10
2010	228252000	90%	5403409,20	42,24

Fonte: SEPLAN-GO /SEPIN /Gerência de Estatística Socioeconômica - 2011 - Adaptação.

1.7 Resíduos sólidos urbanos coletados

Segundo dados da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos (ABRELPE), o volume de resíduos sólidos urbanos produzidos por um habitante era de 260 quilos em 2005 e 373 quilos em 2010, o que corresponde a um aumento de 43,28%. Este

resultado pode estar relacionado ao aumento do consumo de bens industrializados e perecíveis, bem como ao desperdício. Ver quadro 6.

Quadro 6 - Volume de recursos sólidos urbanos coletados - Goiás 2005 e 2010.

ANO	RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS COLETADOS ANUAL (KG)	POPULAÇÃO URBANA (HAB)	RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS POR HABITANTE (KG)
2005 (1)	1.318.598.170	5.064.626,00	260,35
2010 (2)	2.022.221.369	5.421.069,00	373,03

Fonte (1): ABRELPE, 2005. **(2)** ABRELPE, 2010. Elaboração: A autora, 2014.

O CÁLCULO DA PEGADA ECOLÓGICA

2.1 Áreas Verdes

As tabelas 3 e 4 retratam a quantidade de km² de áreas verdes do Estado de Goiás em 2005 e 2010. Ao comparar os dois momentos observa-se uma perda de 0,2%, que corresponde a 235,98 km² de áreas verdes. Para o cálculo da PE de áreas verdes, é considerado o total de áreas verdes para cada ano e transformado os valores de km² para hectare (multiplicação por 100). Posteriormente, esta quantidade em hectare é dividida pelo número de habitantes do correspondente ano, conforme proposto no trabalho de Fiorini, Souza e Mercante (2012). A PE de áreas verdes tem que apresentar um valor negativo na contabilização, uma vez que é área de absorção de CO₂, onde quanto maior a área verde menor será a PE geral do Estado. Ver quadro 7.

Em Goiás a PE de áreas verdes em 2005 foi 6,60% maior que em 2010, o que representa perda de qualidade de vida, uma vez que estas áreas verdes agregam positivamente na qualidade do ar do Estado.

Quadro 7- Áreas Verdes (Campo sujo/vereda; Savana Parque, arborizada e florestada; Florestas e áreas de Reflorestamento) - Goiás 2005 e 2010.

VARIÁVEL	Nº DE HECTARE ¹		Nº HAB. DE (2005)	Nº HAB. DE (2010)	PE ÁREAS VERDES	
	2005	2010			2005	2010
Áreas Verdes	11.916.499	11.892.901	5.643.344	6.003.788	2,1116	1,9809

Fonte: ¹Superintendência de Geologia e Mineração/SIC. Elaboração: A autora, 2014.

2.2 Área Construída / Ocupada

Para determinar o valor da PE de área construída / ocupada considerou-se o método empregado no trabalho de Grijó, Machado e Silva (2012). Para o cenário de Goiás, por causa das limitações do uso de programas de georreferenciamento, efetivou-se o somatório das áreas consideradas apropriadas ou sujeitas à ação humana para cada ano. Este total foi, então, dividido pelo número de habitantes do ano correspondente, onde foi possível encontrar o hectare per capita do Estado. Posteriormente, o total de áreas consideradas apropriadas ou sujeitas à ação humana para cada ano foi dividido por hectare per capita, tendo deste modo o montante total de hectares globais (gha) do Estado.

Para estimar a PE é necessário que o volume de hectares globais seja dividido pelo número de habitantes da zona urbana de cada ano, ou seja 5.643.344 (2005) e 6.003.788 (2010). Ao analisar-se o quadro 8, percebe-se que o montante de gha disponível para cada habitante da zona urbana reduziu 44,66% no período.

Quadro 8 - Área urbana, área urbana ocupada, área impermeável por habitante - Goiás 2005 e 2010.

Ano	Área (ha)	Ha per capita	Fator de Equivalência	Área * há per capita (Gha)	Pegada Ecológica
2005 (1)	6.249.504,00	1,107411492	2,51	6.920.772,55	1,22636
2010 (2)	7.996,821,39	1,331962653	2,51	10.651.467,43	1,77412

Fonte: (1)SIEG, 2006. (2) SIEG, 2014.

2.3 Consumo de carne bovina

Para o cálculo da PE de consumo de carne bovina foi considerado o método proposto no trabalho de Fiorini, Souza e Mercante (2012), onde reuniu-se os dados pertinentes ao consumo por quilo de carne bovina por habitante em 2005 e 2010 e multiplicou esta quantidade pelo número de habitantes do Estado no período. Assim, foi possível mensurar a quantidade de quilos necessários para atender anualmente a população de Goiás.

O quadro 9 apresenta em sua coluna 4 o número de bois necessários para atender a demanda do Estado, onde foi considerado que cada boi pesa em média 250 kg quanto é abatido. No geral cada boi necessita de 4 hectare de pastagens ao ano até ser abatido, deste modo os dados da coluna 5 representam o número de bois necessários para atender a demanda anual de Goiás

dividido pelo volume de hectare que cada boi necessita até ser abatido. A determinação do PE de consumo de carne bovina foi dada pelo hectare de pastagens anuais necessárias para manter o perfil de consumo dividido pelo número de habitantes do Estado.

É possível verificar uma retração da PE de 18,23%, que pode ser explicada pela substituição de consumo por carne branca e outros.

Quadro 9 - Consumo de carne bovina por habitante e respectiva pegada ecológica - Goiás 2005 e 2010.

Ano	Consumo por hab (kg)	Quantidade * nº de habitante	Nº de bois para atender a demanda	Hectare ao ano de pastagens	PE consumo de carne bovina
2005 (1)	16,24	91.647.906,56	366.591,6262	1.466.366,505	0,25984
2010 (2)	19,20	115.272.729,6	461.090,9184	1;844.363,674	0,30720

Fonte: (1) SEPLAN-GO, 2005. (2) IBGE, 2010.

2.4 Consumo de Cereais

Para o cálculo da PE relativa ao consumo de cereais, conforme exposto no quadro 10, multiplicou-se o consumo per capita em quilo pelo número de habitante. Na sequência este resultado foi multiplicado por 2.600 kg/ha, que é a produtividade média por hectare de feijão e arroz. Para a concretização do cálculo pertinente ao consumo de cereais, a produtividade média por hectare foi dividida pelo número de habitantes de cada ano e este montante foi dividido por 1000, conforme proposto no trabalho de Fiorini, Souza e Mercante (2012). A redução de 11,5% no consumo de cereais entre 2005 e 2010 pode ser explicada por mudança de hábitos, seja pela alteração no rendimento monetário ou pelas mudanças culturais. Houve um aumento de 11,8% no consumo de carnes, 53,3% na bebidas e infusões, 129,2% grupo de alimentos preparados e misturas industriais entre outros (IBGE, 2010).

Quadro 10 - Consumo de cereais por habitante - Goiás 2005 e 2010.

Ano	Consumo por hab (kg)	Consumo (kg) * nº de hab.	Produtividade média por hectare(Kg)	Demanda total por hectare	PE cereais
2005 1	52,55	296.557.727,2	114060664,3	20,211538	0,02021
2010 2	47,13	282.964.532,2	108832512,4	18,127308	0,01812

Fonte: (1) SEPLAN - GO, 2005. (2) IBGE, 2010.

2.5 Consumo de combustível fóssil.

Para aferir a PE de consumo de combustível fóssil, seguiu-se as coordenadas do trabalho proposto por Fiorini; Souza e Mercante (2012). Para esta determinação, tomou-se como base o consumo de gasolina de um veículo de passeio padrão, que em média roda 8.000 km anuais, gastando em média 800 litros de combustível por ano. Como as emissões médias de dióxido de carbono (CO₂) de um veículo são de 0,16 a 0,70kg/km, tem-se um total de 1.280 kg por veículo ao ano.

O quadro 11 apresenta a frota de toda modalidade de veículos do Estado de Goiás em 2005 e 2010, bem como a emissão unitária de CO₂, quantidade de quilômetros rodados, quantidade total de CO₂ emitida, os hectares necessários para absorção do CO₂ emitido geral e por habitante.

Quadro 11 – Frota de carros de Goiás e quantidade de CO₂ emitida – Dez-2005/2010.

Veículo por categoria	Frota anual (2005)	Frota anual (2010)	Emissão de CO ₂ (Kg/Km)	Quilômetro Rodado	Qde. Emitida de CO ₂ (KG) (2005)	Qde. Emitida de CO ₂ (KG) (2010)	Hectare total necessário para absorção de CO ₂ (2005)	Hectare total necessário para absorção de CO ₂ (2010)	Hectare total necessário para absorção de CO ₂ /HAB (2005)	Hectare total necessário para absorção de CO ₂ /HAB (2010)	PE (2005)	PE (2010)
Automóvel	743.700	1.170.400	0,160	8.000	951.936.000	1.498.112.000	1.735.915.756	2.694.840.622	307,60410	448,85673	0,30760	0,44886
Caminhão	65.459	83.873	0,700	30.000	1.374.639.000	1.761.333.000						
Camionetes	73.459	209.674	0,280	10.000	205.685.200	587.087.200						
Micro-ônibus	3.512	5.721	0,280	30.000	29.500.800	48.056.400						
Ônibus	11.538	16.289	0,700	30.000	242.298.000	342.069.000						
Motocicleta	308.259	590.438	0,130	8.000	320.589.360	614.055.520						
Totais	1.205.927	2.076.395			3.124.648.360	4.850.713.120						

Fonte: DENATRAN, 2005 e 2010.

Para determinação da quantidade de CO₂ emitida ao ano em quilo por cada categoria de veículo, é necessária a multiplicação da quantidade de veículos por categoria, emissão de CO₂(kg/km) e km rodado. O somatório desses resultados dividido por 1,8 (fator de conversão por

hectare) o qual corresponde à quantidade de hectare necessário para absorção de CO₂ produzidos pelos veículos. A determinação deste valor dividido pelo número de habitantes equivale a quantidade de hectare necessária para absorção de CO₂ per capita, que dividido por 1000 representa a PE de consumo de combustível fóssil.

A conclusão apresentada no quadro 11 transparece que o volume crescente da frota, a não preocupação na substituição ou modernização dos sistemas de filtragem de poluentes tem elevado a PE e demandado mais hectare para absorção de CO₂.

2.6 Consumo de energia elétrica.

Para a mensuração da PE de consumo de energia elétrica o estudo norteou o método empregado no trabalho de Grijó; Machado e Silva (2012) onde os dados foram inicialmente encontrados em gigawatt/hora (GWh) e convertidos para quilowatt/hora (KWh) (1GWH = 1.000.000 KWh) e a geração de 1 KWh de energia elétrica produz 1,5 libras de dióxido de carbono ou 0,68 kg. (CERVI e CARVALHO,2010).

No quadro 12 o consumo per capita é dado pela divisão da produção anual (KW/H) pelo número de habitantes; a emissão de CO₂ é dada pela multiplicação entre produção anual (KW/H) e 0,68 quilos; a área para absorção CO₂ (ha) é encontrada ao multiplicar seu valor por mil e posteriormente pelo fator de equivalência. A PE efetiva é o resultado da última tratativa dividida pelo número de habitantes para cada ano.

Quadro 12 - Consumo de energia por habitante - Goiás 2005 e 2010.

ANO	Produção anual (KW/H)	População	Consumo per capita (kwh)	Emissão de CO ₂ (kg)	Área para Absorção Co ₂ (Ha)	Fator de Equiv.	Área para Absorção Co ₂ (Ha) * Fator de Equiv. (Fe)	PE Energia (Gha)
2005	7.049.463.000,00	5.643.344	1249,16	4.793.634.840,00	4.793.634,84	1,26	6.039.979,90	1,07028
2010	9.460.697.350,00	6.003.788	1575,79	6.433.274.198,00	6.433.274,20	1,26	8.105.925,49	1,35014

Fonte: ANEEL 2005 e 2010. Elaboração: A autora, 2014.

A PE de consumo de energia elétrica (gha) passou de 1,07028 (gha) para 1,35014 (gha), o que representa um aumento de 26,14% no período. Esta elevação está condicionada pelo consumo, atribuído à crescente urbanização, utilização de bens eletro eletrônicos, entre outros. Este perfil de consumo gera por consequência demanda mais área para absorção de CO₂.

2.7 Consumo de água.

Para efetivação do cálculo da PE de consumo da água foram consideradas as colocações do trabalho de Grijó; Machado e Silva (2012), onde a variável água doce não está inclusa no cálculo da Pegada Ecológica, sendo mais adequada para medição da Pegada Hidrológica. Todavia devido à impossibilidade de conversão dos termos em hectares globais será utilizada a metodologia adotada por Cervi e Carvalho (2010), que associa as emissões de dióxido de carbono ao processo de tratamento e distribuição de água.

Na tratativa do cálculo deve ser considerado que, 1megalitro de água tratada emite 370 kg de CO₂ por ano na atmosfera segundo IPCC (apud ANDRADE, 2006, p.80).

Para a mensuração, baseado no quadro 13, tem-se as seguintes tratativas:

- 1 - Consumo percapita é dado pelo volume emitido dividido pelo n° de habitantes atendidos;
- 2 - A contabilização de emissão de CO₂ é dada pela multiplicação do volume, 0,001 e 370;
- 3 - A área de absorção é o resultado da tratativa 2 dividido por 1000;
- 4 - PE da água é a tratativa 3 multiplicada pelo fator de equivalência 1,26 e dividida pelo número de habitantes.

Quadro 13 - Consumo de água por habitante - Goiás 2005 e 2010.

ANO	VOLUME (m³)	POPULAÇÃO ATENDIDA (%)	POPULAÇÃO ATENDIDA	CONSUMO PER CAPITA	EMIÇÃO DE CO ₂	AREA DE ABSORÇÃO	FATOR DE EQUIVALÊNCIA	PE ÁGUA
2005	187.850.000,00	81%	4.571.108,64	41,10	69.504.500,00	69.504,50	1,26	0,01552
2010	228.252.000,00	90%	5.403.409,20	42,24	84.453.240,00	84.453,24	1,26	0,01772

Fonte: SANEAGO. **Elaboração:** SEGPLAN-GO /SEPIN /Gerência de Estatística Socioeconômica – 2011. Adaptações.

A PE de consumo da água teve um aumento de 14,21% nos anos estudados, todavia a PE um tanto inexpressiva não representa efetivamente o consumo de água, uma vez que outras formas de abastecimento como poços e cacimbas não são contabilizadas pela SANEAGO.

2.8 Recursos sólidos urbanos coletados.

Os dados pertinentes ao cálculo da pegada de recursos sólidos urbanos foram coletados junto a relatórios da ABRELPE. Esses relatórios consideram somente o lixo coletado e transportado até o aterro controlado. Para este estudo, bem como o proposto no trabalho de Grijó ; Machado e Silva (2012), o fator de emissão de 1 kg de CO₂ para cada 3 kg de resíduos (ANDRADE, 2006).

Pertinente o quadro 14, tem-se as seguintes tratativas para conceber a PE:

1 - Emissão de gás carbônico (kg) é dado pela quantidade de resíduos sólidos urbanos coletados (kg) dividido por 3, conforme propõe Andrade (2006).

2 - A área para absorção do CO₂ em hectare, é dado pelo resultado da tratativa 1 dividido por mil;

3 -A área disponível para cada habitante é dada pela divisão entre a tratativa 2 e o número de habitantes da zona urbana;

4 - A PE é dada pela multiplicação entre a tratativa 2 e o fator de equivalência e a divisão deste resultado pelo número de habitantes da zona urbana;

Quadro 14 - Volume de recursos sólidos urbanos coletados - Goiás 2005 e 2010.

ANO	RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS COLETADOS (KG)	EMIÇÃO DE GÁS CARBÔNICO (KG)	ÁREA P/ ABSORÇÃO CO ₂ (HÁ)	População Urbana (hab)	ÁREA HAB (HÁ/HAB)	FATOR DE EQUIVALENCIA	PE (Gha/hab)
2005	1.318.598.169,92	439.532.723,31	439.532,72	5.064.626,00	0,0868	1,26	0,10935
2010	2.022.221.369,07	674.073.789,69	674.073,79	5.421.069,00	0,1243	1,26	0,15667

Fonte : (1) ABRELPE,2005. (2) ABRELPE,2010.

Deste modo a PE de resíduos sólidos urbanos coletados é de 0,1093489 Gha/hab em 2005 e 0,1566726 Gha/hab em 2010, um aumento de 43,27% no período estudado.

2.9 Resultados para a Pegada Ecológica de Goiás

O quadro 15 retrata o somatório de todos os resultados das variáveis utilizadas para o cálculo da Pegada Ecológica de Goiás nos anos de 2005 e 2010 conforme prevê o estudo.

Quadro 15 - Síntese dos resultados quanto ao cálculo da pegada ecológica de Goiás.

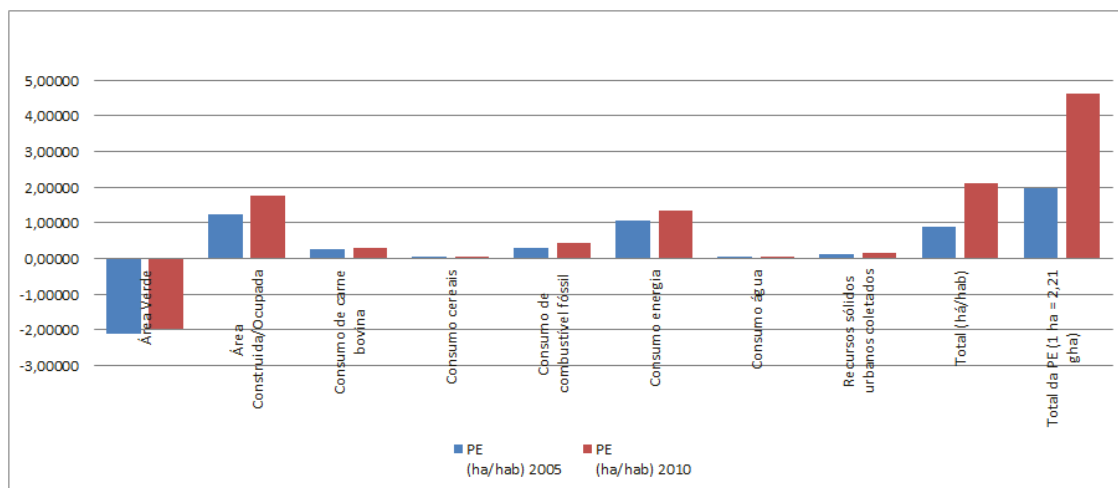
Variáveis	PE (ha/hab) 2005	PE (ha/hab) 2010
Área Verde	-2,11160	-1,98090
Área Construída/Ocupada	1,22636	1,77412
Consumo de carne bovina	0,25984	0,30720
Consumo cereais	0,02021	0,01813
Consumo de combustível fóssil	0,30760	0,44886
Consumo energia	1,07028	1,35014
Consumo água	0,01552	0,01772
Recursos sólidos urbanos coletados	0,10935	0,15667
Total (há/hab)	0,89756	2,09194

Fonte: Quadros anteriores

Conforme exposto por Van Bellen (2006) 1 ha = 2.21 ha, o que corresponde a uma PE per capita de 1,983614 (gha) em 2005 e 4,62319 (gha) em 2010. O tamanho da PE per capita aumentou 133,07% em relação ao obtido para 2005. O gráfico 1 mostra as variações entre 2005 e 2010 das variáveis que compõem o cálculo da PE per capita de Goiás. Nele é possível verificar que o volume de hectare necessário para comportar o estilo de vida no geral aumentou, mediante as seguintes colocações:

- 1 - Redução de áreas verdes disponíveis, uma vez intensificado o desmatamento. Quanto maior o número de áreas verdes, menor a PE.
- 2 - Aumento da área urbana ocupada, dado o processo migratório entre zona rural e urbana.
- 3 - Elevação da necessidade de pastagens para manejo de rebanho, dada à elevação do consumo de carne bovina;
- 4 - Redução do consumo de cereais dada mudança no patamar de consumo ou programas de incentivo ao consumo orgânico.
- 5 - Aumento do consumo de combustível fóssil, energia elétrica e água doce, o que agrega uma demanda maior de hectare para absorção de CO₂.
- 6 - Elevação do volume de resíduos sólidos urbanos coletados, que tende a demandar mais área para absorção CO₂ e degradar por consequente às áreas verdes;

Gráfico 1 - Síntese dos resultados quanto ao cálculo da pegada ecológica de Goiás - 2005 / 2010.



Fonte: A autora, 2014.

Como produto deste trabalho, observa-se que o cidadão goiano em 2005 detinha um modelo de vida sustentável com 1,98 gha/ano, menor que 2,1 gha/ano recomendado para manter a biocapacidade do planeta. Em 2010 cada habitante de Goiás necessitava de 4,48 gha/ano para manter o estilo de vida, o que representa ter déficit de 120% do recomendado

CONCLUSÃO

O aprimoramento e a constante busca por indicadores que possam mensurar uma situação de crescimento ou desenvolvimento com sustentabilidade têm promovido debates e colocado em enfoque às mudanças de cunho comportamental a serem realizadas.

No cenário de aplicabilidade do cálculo da PE, observa-se como produto deste trabalho, que a pujança econômica do Estado de Goiás está aliada a um déficit crescente dos recursos naturais. De modo que o cenário de elevação do PIB per capita não categorizou uma efetiva melhoria na sustentabilidade desse progresso econômico, quando se estima apegada ecológica como indicador de um desenvolvimento sustentável.

Parte desta constatação baseia-se no fato de que entre 2005 a 2010, a PE cresceu 133% enquanto o PIB per capita 81% (ver anexo gráfico Anexo I). Ou seja, ao passo que houve decréscimo da quantidade de áreas verdes para uso direto ou indireto da população; aumento do volume de ocupação urbana; crescimento da demanda por hectare para absorção de



CO₂ devido à quantidade elevada da frota de veículos e a não modernização dos sistemas de filtragem, recursos esses necessários para promoção sustentabilidade.

Dadas essas colocações, ainda que não exista um indicador de sustentabilidade que consiga atingir a análise em esfera social, econômica e ambiental, tende-se a ser mais viável considerar o uso da PE para mensuração da qualidade de vida do que o uso do PIB per capita. Dado que o PIB per capita não pode ser considerado um indicador de sustentabilidade e seus resultados positivos não necessariamente estão ligados a manutenção de recursos naturais.

As constatações deste estudo podem apresentar fragilidades devido às adaptações dos métodos para realidade local, coleta e tratamento dos dados. Deste modo, a contribuição está voltada a propor novos diagnósticos e métodos para mensuração da qualidade de vida, e destacar a importância dos indicadores no debate sobre o valor e a viabilidade do crescimento econômico com sustentabilidade. Por outro lado, urge que sejam desenvolvidos análises rigorosas sobre os aspectos robustos e os frágeis do indicador “pegada ecológica” como instrumento orientador de decisões estratégicas de desenvolvimento social, econômico e ambiental.

REFERÊNCIAS

ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas [de](#) Limpeza Pública e [Resíduos](#). *Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil*, 2005.

ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas [de](#) Limpeza Pública e [Resíduos](#). *Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil*, 2010

ANEEL - Agencia Nacional de Energia Elétrica. *Relatório de consumo de energia elétrica por região*, 2005.

ANEEL - Agencia Nacional de Energia Elétrica. *Relatório de consumo de energia elétrica por região*, 2010.

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

AYRES, R. On the utility of the ecological footprint concept. *Ecological Economics* v. 32, n.3, p. 347–349. 2000.

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

CEDIN, R. C. P. J.; SILVA, R. S. da. A pegada ecológica em relação ao homem, à natureza e à cidade. V Encontro Bienal da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica *ECOECO*. 2003.

CERVI, J. L.; CARVALHO, P. G. M. A Pegada Ecológica: breve panorama do estado das artes do indicador de sustentabilidade no Brasil. VII Encontro Nacional de Economia Ecológica. *Anais*. Fortaleza. 2010.

CERVI, J. L; CARVALHO, P. G. M. A pegada ecológica do município do Rio de Janeiro. *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica* v. 15, p.2001

CINDIN, R.P.J.; SILVA, R.S. Pegada Ecológica: instrumento de avaliação dos impactos antrópicos no meio natural. *Estudos Geográficos*, Rio Claro, v. 2, n. 1,p. 43-52, jun. 2004 .

DENATRAN - Departamento Nacional de Transito. *Frota por unidade federativa 2005 e 2010*.

DIAS, G. F. *Pegada Ecológica e Sustentabilidade Humana*. São Paulo: Gaia, 2002.

FIORINI.A, SOUZA.C, MERCANTE.M. *A Pegada Ecológica como Instrumento de Avaliação Ambiental da Cidade de Campo Grande, Mato Grosso do Sul*,2012.

GRIJÓ.D, MACHADO.J, SILVA.N. *Avaliação ambiental da área urbana de Manaus: teste de aplicação da ferramenta pegada ecológica*, 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA- IBGE . *A dinâmica demográfica brasileira e os impactos nas políticas públicas* - 2010. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/indic_sociosaude/2010/com_din.pdf > Acesso em: 31 de Ago de 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA -IBGE -. *Acesso à Internet e posse de telefone móvel celular para uso pessoal-2015*. Disponível em:< <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/acessoainternet/comentarios.pdf>.> Acesso em: 31 de Agosto de 2014.

LAZARUS, E. Ecological Footprint method. [mensagem pessoal]. Mensagem recebida em 29 de abril de 2013.

MEADOWS, D. *Indicators and Information Systems for Sustainable development*. A report f the Balton Group. The sustainability Institute, Hartland Four Corners.1998.

MONFREDA,C.Calculating national and global ecological footprint time series:resolving conceptual challenges. *Land Use Policy*, v.21, p. 271–278,2004.

MOFFATT, I. Ecological footprints and sustainable development. *Ecological Economics*. v.32, p.359-362, 2000.

ORTEGA, E. Emergy Net Primary Production (ENPP) as basis for calculation of Ecological Footprint. *Ecological Indicators* ,v.10, p. 475–483, 2010.

OPSCHOOR, H. The ecological footprint: measuring rod or metaphor? *Ecological Economics*. v. 32. n. 3, 2000.

REES, W. Ecological footprints and appropriated carrying capacity: what urban economies leaves out. *Environment and Urbanization*, v. 4, n. 2, p. 121-130, 1992.

SECRETARIA DE ESTADO DE GESTÃO E PLANEJAMENTO DE GOIÁS -SEPLAN. *Goiás em dados 2010 – Uso e Cobertura do solo 2006*. Disponível em: <<http://www.seplan.go.gov.br/sepin/down/godados2010.pdf>> Acesso em: 29 de Setembro de 2014.



ANAIIS - Seminário de Pesquisa, Pós-Graduação, Ensino e Extensão do CCSEH – SEPE
Os desafios para a formação do sujeito e os rumos da pesquisa e da extensão universitária na atualidade - 26 a 28 de agosto de 2015.

SECRETARIA DE ESTADO DE GESTÃO E PLANEJAMENTO DE GOIÁS - SEPLAN. *Estado de Goiás, Centro-Oeste e Brasil: Aquisição alimentar domiciliar per capita*, segundo alguns produtos – Cereais – 2005. Disponível

em: < http://www.seplan.go.gov.br/sepin/pub/Godados/2005/IndicedePotencial/tab_04.htm.> Acesso em: 29 de Setembro de 2014.

SECRETARIA DE ESTADO DE GESTÃO E PLANEJAMENTO DE GOIÁS -SEPLAN.. *ESTADO DE GOIÁS, Centro-Oeste e Brasil: Aquisição alimentar domiciliar per capita*, segundo alguns produtos – Carne bovina – 2005. Disponível em:

<http://www.seplan.go.gov.br/sepin/pub/Godados/2005/IndicedePotencial/tab_04.htm.> Acesso em: 29 de Setembro de 2014.

SECRETARIA DE ESTADO DE GESTÃO E PLANEJAMENTO DE GOIÁS -SEPLAN. *Goiás em dados 2011*. Sistema em operação de água e esgoto – 2000, 2005 – 10. Disponível em: <<http://www.seplan.go.gov.br/sepin/down/godados2011.pdf>.> Acesso em: 29 de Setembro de 2014.

SISTEMA ESTADUAL DE GEOINFORMAÇÃO- SIEG. *Mapa Uso da terra e cobertura vegetal do Estado de Goiás – MACROZAE* – 2006. Disponível em: <http://www.sieg.go.gov.br/RGG/MacroZAE/Mapa_USO_DA_TERRA_E_COBERTURA_VEGETAL.pdf.> Acesso em: 29 de Setembro de 2014.

SISTEMA ESTADUAL DE GEOINFORMAÇÃO- SIEG. *Mapa Uso da terra e cobertura vegetal do Estado de Goiás – MACROZAE* – 2014.

VAN BELLEN, H. M. *Indicadores de sustentabilidade: uma análise comparativa*. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2006.

VAN KOOTEN, G. C., BULTE, E. H., 2000. The ecological footprint — useful science or politics? *Ecological Economics*. v.32 n.3, p.389. 2000

WACKERNAGEL, M. ; REES, W. Our ecological footprint: Reducing human impact on the earth. Gabriola Island, Canada: *New Society Publishers*. 1996.

WACKERNAGEL, M., SILVERSTEIN, J. Big things first: focusing on the scale imperative with the ecological footprint. *Ecological Economics* v.32 n.3 *Ecological Economics*. v. 32. n. 3. p. 391–394. 2000.

WORLD WILDLIFE FUND- WWF – REPORT. Relatório Planeta Vivo 2010: Biodiversidade, biocapacidade e desenvolvimento. WWF: Gland, Suíça, 2010.

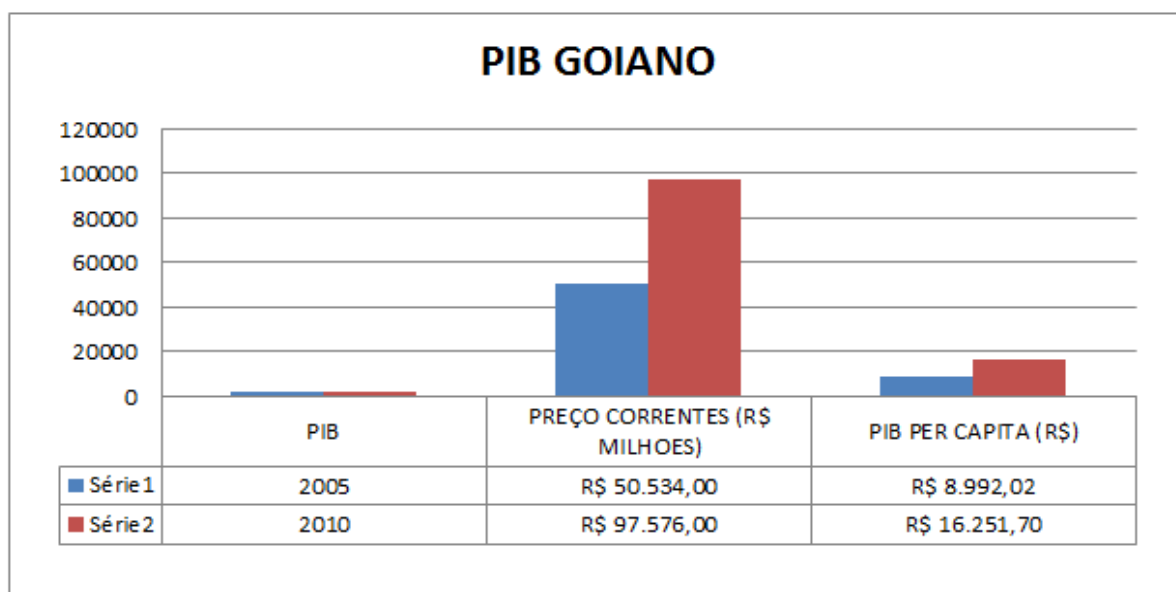
WORLD WILDLIFE FUND-WWF. Living Planet Report, 2007. Disponível em:<http://www.panda.org/news_facts/publications/living_planet_report/index.cfm>. Acesso 04 de Maio de 2014.

WORLD WILDLIFE FUND-WWF- Brasil. *Pegada Ecológica*.2012.

WORLD WILDLIFE FUND-WWF- Brasil. *Estudo avalia a Pegada Ecológica de Campo Grande*. 2014.

ANEXO I

Gráfico – Comparativo entre PIB per capita entre os anos de 2005 e 2010.



Fonte: SEPLAN GO 2005 e 2010. Elaboração: A autora, 2014.