

Avaliação da Pegada Ecológica no Campus Quissamã do Instituto Federal Fluminense

Ecological Footprint at the Instituto Federal Fluminense, Quissamã Campus

Evaluación de la Huella Ecológica en el Campus de Quissamã del Instituto Federal Fluminense

Gláucio José Pereira da Silva

Mestre em Engenharia de Produção pela UCAM-Campos. Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense *Campus* Quissamã – Quissamã/RJ – Brasil. E-mail: glaucio_jps@hotmail.com.

Wallan Azevedo dos Santos  <https://orcid.org/0000-0002-5925-4908>

Mestrado Profissional em Sistemas Aplicados à Engenharia e Gestão pelo Instituto Federal Fluminense – Campos dos Goytacazes/RJ – Brasil. E-mail: wallan.azevedo@hotmail.com.

Milton Erthal Jr.  <https://orcid.org/0000-0002-9959-3568>

Doutor em Produção Vegetal pela Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF). Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense *Campus* Campos Guarus – Campos dos Goytacazes/RJ – Brasil. E-mail: miltonerthal@hotmail.com.

Resumo

O Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, apesar da ampla experiência acadêmica na área das ciências ambientais, pratica a gestão ambiental, administrativamente, de forma isolada. Teve-se, com o presente trabalho, o objetivo de avaliar o nível de sustentabilidade do *Campus* Quissamã do referido instituto pela metodologia da Pegada Ecológica (PE) convencional. Para tanto foram avaliadas as emissões de dióxido de carbono (CO₂) em 2014, promovidas pelo consumo de combustível, energia elétrica, água, papel e área construída. Além disso, foram propostas metodologias que visam à redução da PE. Verificou-se que o *Campus* Quissamã emitiu 99,8 tCO₂, os quais poderiam ser neutralizados por plantas cultivadas na região onde o *campus* se encontra, como o eucalipto (PE = 8 haG), o pasto (PE = 16 haG) ou a cana-de-açúcar (PE = 14 haG). Com base no que se observou, foram apresentadas medidas preventivas (consumo de itens menos poluentes) e mitigatórias (cultivos) para minimizar a PE dessa instituição de ensino.

Palavras-chave: Gestão Ambiental. Educação Ambiental. Sustentabilidade.

Abstract

The Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, despite its wide academic experience in the environmental sciences, carries out environmental management, separately. The aim of this study is to evaluate the sustainability level of the Quissamã Campus, guided by conventional Ecological Footprint (PE) methodology. CO₂ emissions from fuel consumption, electric power, water, paper and built-up areas were evaluated. In 2014, the campus issued 99.8 tCO₂, which could be neutralized by plants grown in the region, such as eucalyptus (PE = 8 haG), pasture (PE = 16 haG) or sugarcane (PE = 4 haG). Preventive measures (consumption of less polluting items) and mitigation measures (crops) are proposed to minimize the PE of this educational institution.

Keywords: Environmental Management. Environmental Education. Sustainability.

Resumen

El Instituto Federal de Educación, Ciencia e Tecnologia Fluminense, a pesar de su amplia experiencia académica en las ciencias ambientales, lleva a cabo la gestión ambiental, por separado. El objetivo de este estudio es evaluar el nivel de sostenibilidad del Campus de Quissamã, guiado por la metodología de la huella ecológica (PE) convencional. Se evaluaron las emisiones de CO₂ provenientes del consumo de combustible, energía eléctrica, agua, papel y áreas edificadas. En 2014, el campus emitió 99,8 tCO₂, que podría ser neutralizado por plantas cultivadas en la región, como el eucalipto (PE = 8 haG), el pasto (PE = 16 haG) o la caña de azúcar (PE = 4 haG). Se proponen medidas preventivas (consumo de elementos menos contaminantes) y medidas de mitigación (cultivos) para minimizar el PE de esta institución educativa.

Palabras clave: Gestión ambiental. Educación ambiental. Sostenibilidad.

Avaliação da Pegada Ecológica no Campus Quissamá do Instituto Federal Fluminense
Gláucio José Pereira da Silva, Wallan Azevedo dos Santos, Milton Erthal Jr.

1 Introdução

Como consequência do modelo de crescimento econômico e demográfico implantado durante o século XIX, a crise ambiental está cada vez mais intensa no mundo. Surgem sinais de que os limites do planeta estão prestes a ser extrapolados em virtude da extinção de espécies da fauna e flora, da perda de solos férteis pela erosão e desertificação, do aquecimento da atmosfera e das mudanças climáticas, da diminuição da camada de ozônio, da chuva ácida, do acúmulo crescente de resíduos e do colapso na quantidade e qualidade da água (IPBES, 2018).

Rockström e colaboradores (2009) propuseram a metodologia dos “Limites Planetários” para quantificar a crise ambiental. Segundo os autores, a perda de biodiversidade, o excesso de nitrogênio e fósforo em solução, as mudanças climáticas e o uso irregular do solo são os problemas que estão acima do ideal, com baixa capacidade de resiliência.

É importante notar que alguns desses problemas apresentam efeitos sinérgicos, como é o caso das mudanças climáticas que afetam a biodiversidade e a biocapacidade do planeta, com reflexos no bem-estar da humanidade, no que diz respeito à segurança alimentar e hídrica (WWF, 2014).

As restrições ambientais apontadas nesses estudos deveriam ser consideradas a fim de se estabelecer um modelo de desenvolvimento mais eficiente e menos agressivo ao ambiente natural, ou seja, um modelo de desenvolvimento sustentável. Nesse novo modelo alternativo, a sustentabilidade deve ser pensada como um princípio aplicável a sistemas abertos, de interação da sociedade com a natureza, envolvendo sistemas industriais, sociais (urbanização, mobilidade, comunicação etc.) e naturais (solo, atmosfera, sistemas aquáticos e bióticos etc.), incluindo os fluxos de informações, bens, materiais e resíduos, entre outros. Em outras palavras, a sustentabilidade envolve a interação com sistemas dinâmicos, os quais estão em constante mudança e necessitam de medidas pró-ativas para que as relações interespecíficas fortaleçam o modelo de desenvolvimento como um todo (SARTORI *et al.*, 2014).

A gestão ambiental constitui uma das ferramentas fundamentais na implantação do Desenvolvimento Sustentável em empresas públicas e privadas que têm como meta o equilíbrio entre os pilares econômicos e socioambientais. Entre as medidas de gestão ambiental, um indicador importante para se mensurar a sustentabilidade de uma instituição é a Pegada Ecológica (PE), a qual consiste em uma metodologia de avaliação proposta por Wackernagel e Rees (1996) que representa o espaço ecológico medido em hectares globais (haG) necessário para sustentar um determinado sistema ou unidade.

A PE é um indicador de sustentabilidade que contabiliza os fluxos de matéria e energia que entram e saem de um sistema econômico, convertendo-se em área correspondente de terra ou água existentes na natureza para sustentar esse sistema (VAN BELLEN, 2002). Uma das formas de absorção do CO₂ da atmosfera é a que se realiza por meio das áreas florestais existentes no planeta. Informações obtidas nos dados da PE mostram qual seria o total de área de florestas no mundo necessária para absorver e reter o dióxido de carbono liberado por ações humanas.

A PE se divide, entre outras, nas seguintes famílias de pegadas: Pegada do Carbono, Pegada Hídrica e Pegada Energética. A Pegada do Carbono representa a área de terra necessária à assimilação do gás carbônico proveniente da queima de combustíveis fósseis e da produção industrial, por exemplo, pela biomassa vegetal. A Pegada Hídrica é a quantidade de água potável suficiente para produzir um determinado alimento ou mercadoria. A Pegada Energética corresponde à quantidade de energia que é utilizada nas atividades diárias e que mantém em funcionamento as indústrias que produzem os produtos que são consumidos (FANG *et al.*, 2014).

A sustentabilidade é um tema que desperta interesse no Governo Federal, e, por isso, existem alguns projetos que objetivam incentivar o desenvolvimento da área como, por exemplo, as Compras Públicas Sustentáveis (BIDERMAN *et al.*, 2008). O Ministério da Educação (MEC) vem exercendo papel de pioneirismo nesse âmbito. Em 2012, mediante o Termo de Adesão n. 2, o MEC e o Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão buscaram integrar esforços para desenvolver ações visando à melhoria da eficiência no uso dos recursos públicos e à inserção da variável socioambiental no ambiente de trabalho (BRASIL, 2012).

Avaliação da Pegada Ecológica no Campus Quissamá do Instituto Federal Fluminense

Gláucio José Pereira da Silva, Wallan Azevedo dos Santos, Milton Erthal Jr.

Em cooperação com a Subsecretaria de Planejamento e Orçamento, o MEC lançou, em 2014, o Projeto Desafio da Sustentabilidade, cujo objetivo era o de identificar, avaliar e selecionar propostas inovadoras da sociedade para melhorar a eficiência socioambiental em órgãos públicos (BRASIL, 2014). Em 2015, o MEC lançou o projeto Coletânea Desafio da Sustentabilidade, no qual foram reunidas mais de 18 mil ideias referentes à busca de soluções para a redução dos gastos com água e energia elétrica nas instituições federais de ensino (BRASIL, 2015b). Tal esforço resultou na publicação da Portaria nº 370/2015 (BRASIL, 2015c), que determinava que todos os órgãos e unidades da administração direta do MEC bem como as autarquias, fundações e empresas públicas vinculadas a esse Ministério deveriam integrar esforços para o desenvolvimento de ações destinadas à melhoria da eficiência no uso racional dos recursos públicos.

Nos últimos dez anos, em Instituições de Ensino (IE) de países como Israel, China, Espanha e inclusive Brasil (pela Universidade de São Paulo - USP), foram realizados trabalhos sobre PE, cujos principais aspectos analisados foram construção civil, energia elétrica, papel, água, combustível, alimento e resíduos (Tabela 1) (GOTTLIEB *et al.*, 2012; LI *et al.*, 2008; RODRIGUEZ *et al.*, 2008; AMARAL, 2010). Percebe-se, no entanto, que essa é uma temática ainda pouco explorada no ambiente das IE, o que motivou a realização desta pesquisa. Outro aspecto, além disso, consiste no fato de a IE onde o estudo de caso foi realizado (IFFluminense) ser pública e de, por esse motivo, ter a obrigação de direcionar esforços em prol da sustentabilidade socioambiental em suas atividades.

Tabela 1. Trabalhos sobre Pegada Ecológica em Instituições de Ensino

Autores (ano)	Países	Instituição de Ensino	Aspectos Analisados						
			Construção Civil	Energia Elétrica	Papel	Água	Combustível	Alimento	Resíduo
Amaral (2010)	Brasil	Universidade de São Paulo	X	X	X	X	X		
Gottlieb <i>et al.</i> (2012)	Israel	Municipal high school 'E'		X	X		X		X
Li <i>et al.</i> (2008)	China	Universidade de Northeastern		X	X	X	X	X	X
Rodriguez <i>et al.</i> (2008)	Espanha	Universidade de Santiago de Compostela	X	X	X	X	X		

Fonte: Elaborado pelos autores

Nesse contexto, o presente trabalho tem o objetivo de identificar os impactos ambientais decorrentes das atividades desenvolvidas por uma IE. Para avaliar as emissões de dióxido de carbono causadas pelo consumo de combustível dos veículos oficiais da instituição, consumo de água, energia elétrica, papel, além de sua área construída, a metodologia empregada foi a da PE. O local escolhido para a aplicação da pesquisa foi o *Campus* Quissamá do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense (IFFluminense), tendo como base os dados de consumo do ano de 2014. Devido à falta de dados disponíveis, não foram incluídas no cálculo da PE informações referentes ao consumo de alimentos, efluentes líquidos e resíduos sólidos.

O IFFluminense comporta atualmente 13 *campi*: a) Campos Centro, Campos Guarus, São João da Barra, Rio Paraíba do Sul, Macaé e Quissamá, no Norte do Estado do Rio de Janeiro; b) Itaperuna, Bom Jesus do Itabapoana, Cambuci e Santo Antônio de Pádua, no Noroeste Fluminense; c) Cabo Frio, na Região dos Lagos; e d) Itaboraí e Maricá, na Região Metropolitana (IFF,

Avaliação da Pegada Ecológica no Campus Quissamã do Instituto Federal Fluminense

Gláucio José Pereira da Silva, Wallan Azevedo dos Santos, Milton Erthal Jr.

2015a,d). Um dos cursos ofertados pela Instituição é o Técnico em Meio Ambiente, que tem o objetivo de formar profissionais com conhecimento teórico e prático para atuarem diretamente nas questões concernentes ao meio ambiente, buscando sempre cumprir o que preconiza a legislação vigente nessa área e gerar conhecimento (BRASIL, 2013b). Porém, apesar de formar profissionais na área, as ações técnicas e administrativas referentes à sustentabilidade nessa IE ainda são isoladas.

2 Metodologia

A metodologia da Pegada Ecológica foi empregada para contabilizar a pressão ambiental causada por uma instituição de ensino sobre os recursos naturais requeridos durante a fase de sua construção e em suas atividades cotidianas. O estudo de caso foi aplicado no *Campus* Quissamã (Figura 1), em atividade desde o ano de 2006. A contabilidade ambiental foi realizada para o ano de 2014, quando o *campus* tinha 405 alunos e 59 funcionários. Na ocasião eram ofertados os cursos técnicos em eletromecânica, informática e segurança do trabalho.

Figura 1. Imagens do *campus* Quissamã do Instituto Federal Fluminense. Coordenadas: 22°06'38.4"S 41°28'51.7"W



A metodologia aplicada neste trabalho consiste em calcular a PE através das emissões de CO₂ geradas pelo consumo de combustível dos veículos oficiais, energia elétrica, água e papel, além da área construída do *Campus* Quissamã do IFFluminense. Não foram incluídos nos cálculos da PE o consumo de alimentos pelos discentes e a geração de resíduos. A exclusão dos alimentos deve-se à falta de dados oficiais e à variabilidade diária e sazonal do consumo desse item. Não há informações quanto à quantidade de resíduos sólidos gerados diariamente. A gravimetria desse resíduo e a sua disposição final precisam ser avaliadas de forma criteriosa para serem inseridas em pesquisas futuras.

Para efetuarem-se os cálculos das emissões de CO₂ referentes ao consumo de combustíveis, foram analisados os cinco veículos oficiais do *Campus* Quissamã: GM Montana Conquest 2010/2010 (Montana), Ford Fiesta Sedan 1.6 Flex 2010/2011 (Fiesta), Fiat Uno Mille Fire Flex 2007/2007 (Uno), Marcopolo Volare w8 2010/2011 (Volare) e Mitsubishi L200 Outdoor 2011/2012 (L200). Desses veículos, o Montana, o Fiesta e o Uno utilizam gasolina como combustível, enquanto o Volare e o L200 utilizam óleo diesel.

Avaliação da Pegada Ecológica no Campus Quissamã do Instituto Federal Fluminense

Gláucio José Pereira da Silva, Wallan Azevedo dos Santos, Milton Erthal Jr.

De acordo com Rodríguez *et al.* (2008), para o cálculo das emissões de CO₂ ocasionadas pelo consumo de energia elétrica, água, papel e área construída, deve-se multiplicar o valor total consumido no período analisado pelo fator de emissão, conforme apresentado na Tabela 2. Mais detalhes sobre a metodologia empregada podem ser obtidos no trabalho de Silva (2015).

O valor de fator de emissão de CO₂ para o consumo de energia elétrica que deve ser utilizado em inventários com o objetivo estimar a quantidade de CO₂ associada a uma geração de energia elétrica determinada é definido pelo MCTI (Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação), que calcula a média das emissões da geração levando em consideração todas as usinas que estão gerando energia e não somente aquelas que estejam funcionando na margem (BRASIL, 2015a). Os fatores de emissão do ano de 2014 encontram-se na Tabela 3 e estão apresentados a cada mês, assim como o consumo e as emissões de CO₂ calculadas.

De acordo com Rodríguez *et al.* (2008), em seu estudo da PE da Universidade de Santiago de Compostela, o fator de emissão referente ao consumo de água é 0,5 kgCO₂/m³; para o item consumo de papel, se o papel utilizado for de fibra virgem, o valor utilizado é 1,84 kgCO₂/kg de papel; ao passo que, se o papel for reciclado, 0,61 kgCO₂/kg de papel.

Para calcular as emissões geradas pela área construída, obteve-se primeiramente a área (m²) total de construção em alvenaria do Campus Quissamã. Em seguida, o somatório dos valores encontrados foi multiplicado pelo fator de emissão de 520 kgCO₂/m², proposto por Rodríguez *et al.* (2008). Considerando que a vida útil de um prédio de alvenaria é de 50 anos, para a análise do período de um ano (no caso deste artigo, o ano de 2014), divide-se o fator por 50, resultando num fator de emissão de 10,4 kgCO₂/m²/ano.

De acordo com os mesmos autores, para calcular a PE deve-se dividir o valor de emissão de CO₂ pelo valor da taxa de absorção média da vegetação a ser utilizada. O resumo da metodologia utilizada neste trabalho, incluindo a formula da PE, está apresentado na Tabela 2.

Tabela 2. Resumo da metodologia utilizada

Parâmetro	Equação	Unidade	Fatores			
			Gasolina	Diesel	Álcool	GNV
Combustível						
Consumo de energia (CC)	$CC = CA \cdot F_{conv} \cdot 45,2 \cdot 10^{-3} \cdot F_{corr}$	TJ	0,771	0,848	0,52	0,857
Quantidade de C (QC)	$QC = CC \cdot F_{emiss} \cdot 10^{-3}$	GgC	18,9	20,2	14,81	15,3
Quantidade de C fixado (QCF)	$QCF = QC \cdot F_{CFix}$	GgC	0	0	1	0,33
Emissões líquidas de C (ELC)	$ELC = QC - QCF$	GgC	-	-	-	-
Emissões reais de C (ERC)	$ERC = ELC \cdot F_{CO}$	GgC	0,99	0,99	0,99	0,995
Emissões reais de CO ₂ (ERCO ₂)	$ERCO_2 = ERC \cdot [44/12]$	GgCO ₂	-	-	-	-
Energia Elétrica						
Emissões reais de CO ₂	$E = Co \cdot F$	kgCO ₂	Ver tabela 3 (energia elétrica mensal)			
Água						
Emissões reais de CO ₂	$E = Co \cdot F$	kgCO ₂	0,5			
Papel						
Emissões reais de CO ₂	$E = Co \cdot F$	kgCO ₂	Fibra Virgem		Fibra reciclada	
			1,84		0,61	
Área Construída						
Emissões reais de CO ₂	$E = Co \cdot F$	kgCO ₂	10,4			
Pegada Ecológica (PE)						
			Taxa de Absorção Média de Carbono			
			Eucalipto	Pastagem	Cana-de-açúcar	
Hectares globais	$PE = E/T$	ha	12,38	6,10	7,13	

Fonte: Elaborado pelos autores, adaptado de Silva (2015)

Avaliação da Pegada Ecológica no Campus Quissamã do Instituto Federal Fluminense

Gláucio José Pereira da Silva, Wallan Azevedo dos Santos, Milton Erthal Jr.

Legenda: CA = consumo aparente em m^3 (consumo de combustível ao longo do ano de 2014). Fconv. = Fator de conversão. Fcorr = Fator de Correção = 0,95 para combustíveis sólidos e líquidos e 0,90 para combustíveis gasosos. FCFix = fração de carbono fixado (adimensional). FCO = fração de carbono oxidada (adimensional). F = fator. GgC = Gigagramas de carbono. TJ = Tera Jaules. C = carbono. Co = Consumo (energia elétrica = Kwh; água = m^3 ; papel = kg; área construída = m^2). E = emissão de CO_2 (tCO_2). T = taxa de absorção média ($MgCO_2/ha/ano$).

Para estimar a taxa de absorção de CO_2 , considerou-se a ocupação do solo com culturas agrícolas de tradição no município de Quissamã, como eucalipto, pastagem e cana-de-açúcar. O valor médio da taxa de absorção do eucalipto foi estimado por Jacovine *et al.* (2006) na Zona da Mata no estado de Minas Gerais; o valor referente à pastagem foi estimado por Segnini *et al.* (2007) no estado de São Paulo, utilizando a espécie *Brachiaria decumbens*; e a estimativa do valor da taxa da cana-de-açúcar foi feita por Campos (2003) no município de Ribeirão Preto (Tabela 2).

Para melhorar a eficiência da PE do IFFluminense Campus Quissamã, foram realizadas simulações com alterações de combustíveis, papel e matriz energética, mantendo os mesmos valores de consumo desses parâmetros. No item combustível, propôs-se a alteração do uso de gasolina por duas possíveis alternativas: álcool anidro ou gás natural veicular (GNV). No caso dos veículos movidos a óleo diesel B5, optou-se pela substituição pelo combustível B20. Para facilitar a comparação dos resultados apresentados com estudos futuros, com o objetivo de monitorar a contabilidade ambiental do *campus*, estabeleceu-se um valor *per capita* da PE, cujo cálculo foi obtido dividindo-se o valor total da PE pelo número de discentes em 2014, 405 ao todo.

Segundo o sítio *icarros*, consultado para efetuar os cálculos de consumo específico de álcool anidro no ambiente urbano, o Montana tem um consumo específico de 8,4 km/l, enquanto o Fiesta apresenta um consumo de 8,0 km/l e o Uno 7,2 km/l. Caso seja feita a alteração no combustível para o GNV, o fator de conversão é de 1,00, segundo a Gasmig. Para os cálculos das emissões do uso do Biodiesel, foi considerado que o B20 reduz as emissões de CO_2 em 14,5%, de acordo com o relatório Benefícios Ambientais da Produção e do Uso do Biodiesel (BRASIL, 2013a).

Os fatores de emissões foram apresentados, em tabela, para cada mês, assim como o consumo e as emissões de CO_2 calculadas. Além disso, foram definidas as propostas de metodologias para redução nos valores de emissão de CO_2 e PE. Mais detalhes sobre a obtenção dos fatores utilizados neste estudo podem ser obtidos no trabalho de Silva (2015).

3 Resultados

A Tabela 3 apresenta os valores de fator de emissão, consumo e de emissão de CO_2 referentes aos itens energia elétrica e água. Analisando-a, é possível observar que os meses de outubro, novembro e dezembro são os de maior emissão de CO_2 em função do consumo elevado e devido ao fator mais alto. Por outro lado, os meses de janeiro e julho possuem menor consumo e, consequentemente, menores emissões; além disso, em janeiro o fator de emissão é reduzido, pois a matriz energética nesse mês, devido ao período de chuvas, tem maior participação da hidroeletricidade.

Para o parâmetro água, observa-se que, dado o aumento do consumo desse recurso natural, os meses de outubro, novembro e dezembro são os de maior emissão de CO_2 , ao passo que nos meses de julho e setembro, cujo consumo é reduzido, há redução das emissões.

Avaliação da Pegada Ecológica no Campus Quissamã do Instituto Federal Fluminense
Gláucio José Pereira da Silva, Wallan Azevedo dos Santos, Milton Erthal Jr.

Tabela 3. Emissões de CO₂ geradas pelo consumo de energia elétrica e água, considerando o consumo mensal desses itens

Parâmetro	Energia Elétrica			Água	
	Mês	Fator de Emissão	Consumo	Emissões de CO ₂	Consumo
Unidade	kgCO ₂ /kWh	KWh	tCO ₂	m ³	tCO ₂
Janeiro	0,0911	6.796	0,62	218	0,11
Fevereiro	0,1169	12.744	1,49	176	0,09
Março	0,1238	13.412	1,66	176	0,09
Abril	0,1310	11.115	1,46	146	0,07
Mai	0,1422	11.178	1,59	120,90	0,06
Junho	0,1440	7.481	1,08	108	0,05
Julho	0,1464	6.828	1,00	89	0,04
Agosto	0,1578	11.092	1,75	92	0,05
Setembro	0,1431	12.311	1,76	61	0,03
Outubro	0,1413	15.283	2,16	340	0,17
Novembro	0,1514	14.177	2,15	253	0,13
Dezembro	0,1368	14.896	2,04	271	0,14
Total	-	137.313	18,76	2.050,90	1,03

Fonte: Elaborado pelos autores

O papel fibra virgem consumido possui peso de 2.339 kg, o que gera uma emissão de 4,30 tCO₂. O papel de fibra reciclável utilizado cujo peso é de 1.169,5 kg, resulta em 0,71 tCO₂. No total, o consumo de papel registrou 5,01 tCO₂ emitidos no ano de 2014 (Tabela 4).

Para o parâmetro área construída, possuindo 1.616 m², o térreo é responsável por 16,81 tCO₂; o 2º piso tem área de 1.323 m² e gera 13,76 tCO₂; a gastronomia, por sua vez, possui 356 m² gerando um total de 3,70 tCO₂, enquanto a área pavimentada mede 1.483 m² e gera 15,42 tCO₂. Na totalidade, o IFF Quissamã possui área construída de 4.778 m², o que causa uma emissão de 49,69 tCO₂.

Para o item combustível, o veículo Volare foi o que mais emitiu CO₂ com o combustível biodiesel B20, por possuir o menor rendimento entre os veículos analisados para esse combustível. Por meio de uma análise percentual, pode-se dizer que o Volare emite 174,12% a mais do CO₂ espalhado pelo L200. Numa comparação entre todos os veículos, fica perceptível que o Uno é o mais indicado ao uso, uma vez que lança um valor equivalente a 37,45% do CO₂ que o Volare emite. Entre os veículos de passeio, o Uno emite um valor correspondente a 90,35% do CO₂ que o Fiesta expele, e um valor proporcional a 77,44% do CO₂ emitido pelo Montana (Tabela 4).

No item energia elétrica, propôs-se a alteração da matriz energética. O fator de emissão de CO₂ da energia solar é 0,040 kgCO₂/kwh e foi calculado pelo National Renewable Energy Laboratory (2012) na cidade de Golden nos Estados Unidos, enquanto o de emissão de CO₂ da energia eólica é de 0,016 kgCO₂/kwh, tendo sido calculado por Miranda (2012) em seu trabalho sobre a matriz energética usada no Brasil no ano de 2010. A estimativa do valor do fator de emissão de CO₂ para o sistema híbrido é 0,028 kgCO₂/kwh, propondo-se um sistema que utilize de forma igual a energia solar e a eólica. Dessa forma, seria recomendável o uso das energias solar e eólica como fonte de geração de energia elétrica por meio de um sistema híbrido, aproveitando o fato de o município de Quissamã ter uma incidência expressiva de ventos e radiação solar.

Avaliação da Pegada Ecológica no Campus Quissamã do Instituto Federal Fluminense
 Gláucio José Pereira da Silva, Wallan Azevedo dos Santos, Milton Erthal Jr.

Apesar de a energia nuclear apresentar o menor valor de fator de emissão, seu uso não depende apenas do IFFluminense, ou seja, caso fosse utilizada a geração de eletricidade por meio da energia eólica, o *campus* emitiria um valor equivalente a 11,73% das emissões atuais. Utilizando a energia solar, irradiaria 29,26% do valor atual, e, com o uso do sistema híbrido, seriam utilizados 20,47% do valor atual. Para o item papel, a solução proposta para redução da PE causada pelo seu consumo foi a de utilizar apenas papel reciclável, uma vez que seu fator de emissão de CO₂ é menor que o do papel de fibra virgem. Dessa forma, o consumo de papel emitiria 2,14 tCO₂, ou seja, 42,71% do valor atual (Tabela 4).

Tabela 4. Emissões de CO₂ dos parâmetros analisados

Parâmetro	Distância percorrida (km)		Emissões reais (tCO ₂)		Emissões com propostas de melhorias (tCO ₂)			
	Veículo		Gasolina	Diesel	Alcool	GNV	Biodiesel	
Combustível	V1	17.809,41	4,10	-	2,54	2,37	-	
	V2	28.844,86	5,70	-	4,56	3,28	-	
	V3	10.037,81	1,80	-	1,67	1,03	-	
	V4	8.847,58	-	4,60	-	-	3,93	
	V5	30.156,23	-	9,00	-	-	7,70	
	Total	95.695,89		25,20			18,31	
Energia elétrica	Consumo (kWh)		Emissões reais (tCO ₂)		Emissões com propostas de melhorias (tCO ₂)			
	137.313		18,76		Eólico	Solar	Híbrido	
						2,20	5,49	3,84
Água	Consumo (m ³)		Emissões reais (tCO ₂)		Emissões com propostas de melhorias (tCO ₂)			
	2.050,9		1,03		-			
Papel	Tipo	Consumo (kg)	Emissões reais (tCO ₂)		Emissões com propostas de melhorias (tCO ₂)			
	Fibra virgem	2.339	4,30		-			
	Fibra reciclável	1.169,5	0,71		2,14			
	Total	3.508,5	5,01		2,14			
Área construída	Local	Área (m ²)	Emissões reais (tCO ₂)		Emissões com propostas de melhorias (tCO ₂)			
	Térreo	1.616	16,81		-			
	2° piso	1.323	13,76		-			
	Gastronomia	356	3,70		-			
	Área pavimentada	1.483	15,42		-			
Total	4.778	49,69		-				

Fonte: Elaborado pelos autores

Legenda: V1 = Montana; V2 = Fiesta; V3 = Uno; V4 = Volare; V5 = L-200.

Para os tópicos água e área construída não houve propostas de metodologias para redução nos valores de emissão de CO₂ e PE. No caso do fornecimento de água, existe apenas uma empresa prestadora desse serviço de oferta na cidade de Quissamã. No caso das edificações, a pesquisa bibliográfica efetuada neste trabalho não encontrou dados de fator de emissão para materiais mais sustentáveis. A proposta para construção civil se aplicaria somente a obras futuras.

Avaliação da Pegada Ecológica no Campus Quissamã do Instituto Federal Fluminense
Gláucio José Pereira da Silva, Wallan Azevedo dos Santos, Milton Erthal Jr.

Ao analisar os resultados da Tabela 5 quanto ao consumo de combustível, fica claro que o eucalipto é a vegetação mais adequada a ser cultivada, considerando a redução do CO₂ para a atmosfera. Sobre os veículos, a caminhonete L-200 apresenta a maior PE, juntamente com o Fiesta, uma vez que são os veículos mais usados no *campus* Quissamã. Para o ano de 2014 a PE total foi de 8,04 haG, 16,42 haG, 13,99 haG, para as culturas do eucalipto, pastagem e cana-de-açúcar, respectivamente.

A PE *per capita* (*per capita* em relação ao número de discentes em 2014, 405 ao todo) foi de 0,02 haG (eucalipto), 0,04 haG (pastagem) e 0,03 haG (cana). Este parâmetro é um importante fator, já que possibilitará estabelecer comparações com anos passados ou futuros, pois o aumento ou diminuição do número de alunos evidentemente implicará variações no consumo de alguns recursos (como água e energia elétrica) que compõem o valor da PE. As propostas de melhoria, caso fossem adotadas de forma integral, poderiam reduzir em cerca de 25% as emissões de CO₂ e reduziriam a PE para 6,02 haG (eucalipto), 12,31 haG (pastagem) e 10,51 haG (cana-de-açúcar).

Tabela 5. Pegada Ecológica (haG) dos parâmetros analisados no ano de 2014

Combustível	Efetiva					Com Proposta de Melhorias									
	Gasolina			Diesel		Alcool			GNV			Biodiesel			
	V1	V2	V3	V4	V5	V1	V2	V3	V1	V2	V3	V4	V5		
Eucalipto	0,33	0,46	0,15	0,37	0,72	0,20	0,35	0,13	0,19	0,26	0,08	0,32	0,62		
Pastagem	0,67	0,93	0,30	0,75	1,48	0,42	0,75	0,27	0,39	0,54	0,17	0,64	1,26		
Cana	0,58	0,81	0,25	0,65	1,26	0,36	0,61	0,23	0,33	0,46	0,14	0,55	1,08		

Eletricidade	Mista		Solar		Eólica		Híbrido	
Eucalipto	0,95		0,44		0,18		0,28	
Pastagem	1,94		0,90		0,36		0,63	
Cana	1,66		0,77		0,31		0,54	

Água	CEDAE		Não há propostas de melhorias	
Eucalipto	0,08		-	
Pastagem	0,17		-	
Cana	0,14		-	

Papel	Misto		Somente fibra reciclável	
Eucalipto	0,41		0,17	
Pastagem	0,82		0,35	
Cana	0,70		0,30	

Área construída	Avenaria		Não há propostas de melhorias	
Eucalipto	4,02		-	
Pastagem	8,16		-	
Cana	6,97		-	

PE TOTAL	Avaliada		Com Proposta de Melhorias	
	Efetiva	Por aluno	Efetiva	Por aluno
Eucalipto	8,04	0,02	6,02	0,005
Pastagem	16,42	0,04	12,31	0,01
Cana	13,99	0,03	10,51	0,008

Fonte: Elaborado pelos Autores

Legenda: V1 = Montana; V2 = Fiesta; V3 = Uno; V4 = Volare; V5 = L-200.

Avaliação da Pegada Ecológica no Campus Quissamã do Instituto Federal Fluminense
Gláucio José Pereira da Silva, Wallan Azevedo dos Santos, Milton Erthal Jr.

4 Discussão

Analisando os resultados obtidos com o cálculo da PE dos parâmetros avaliados no *Campus Quissamã*, percebe-se que a área construída, o consumo de combustível e o consumo de energia elétrica apresentam valores maiores que o consumo de papel e o consumo de água pelo fato de serem atividades que causam emissões expressivas de CO₂. O consumo de combustível foi analisado detalhadamente, porque, além de ser um dos parâmetros mais críticos, também apresentou diversas metodologias a serem aplicadas visando às melhorias propostas.

Para o calcular a PE dos combustíveis, foram consideradas três metodologias: *top-down* e *bottom-up* (propostas pelo IPCC), e uma metodologia utilizada por Amaral (2010). A metodologia *bottom-up* foi a única não utilizada nesta pesquisa, pois sua aplicação necessitaria de dados específicos, os quais não foi possível mensurar neste trabalho. Através de uma comparação feita por Silva (2015), fica claro que os valores encontrados pela metodologia utilizada por Amaral (2010) são menores que os constatados pela metodologia *top-down*. Como o estudo descrito neste trabalho aborda problemas ambientais, torna-se mais adequado o uso de uma metodologia que produza resultados mais elevados, uma vez que resultados com valores menores podem resultar em ações que não propiciem a proteção adequada ao meio ambiente. Desta forma, para fins de cálculo de PE através do consumo de combustíveis, se recomenda a metodologia *top-down*.

Para o cálculo da PE relativa ao consumo de eletricidade foram encontrados dois valores diferentes de fator de emissão de CO₂. Um deles foi empregado por um estudo com aplicação semelhante ao deste trabalho, enquanto o outro, que é mais exato para ser utilizado em inventários no país, foi fornecido pelo MCTI. Aplicando-se a metodologia usada por Amaral (2010), que emprega um fator sugerido para a Universidade de Santiago de Compostela, localizada na Espanha, a PE aumenta significativamente em relação à avaliada neste estudo, a qual se baseia na metodologia do MCTI. Nesse caso, considerando-se o contexto regional, entende-se ser mais apropriado usar os fatores de emissão fornecidos pelo MCTI.

Os cálculos da PE do consumo de água, papel e área construída foram realizados por fatores de emissão propostos por Rodríguez *et al.* (2008). A proposta de implantação de coleta de águas pluviais seria uma medida de sustentabilidade interessante para o *Campus Quissamã*. A coleta de água de chuva, além de favorecer a redução da PE, apresenta viabilidade econômica em Instituições de Ensino (PÊGO; ERTHAL, 2012).

Os itens combustível, energia elétrica, água, papel e área construída são os mais importantes na estimativa da PE, no entanto sabe-se que as emissões também são causadas pela alimentação dos alunos, pelo lixo gerado e pelos bens patrimoniais (*data show*, televisões, impressoras etc.) e itens de consumo (material de limpeza, caneta de quadro branco, apagador etc.) durante o processo de produção e transporte. Tais itens devem ser considerados em trabalhos futuros (GOTTLIEB *et al.*, 2012a; LI *et al.*, 2008). Neste estudo, essas informações não foram avaliadas devido à falta de dados oficiais e à variabilidade e sazonalidade de seu consumo. Não há informações quanto à quantidade de resíduos sólidos gerados diariamente e, além disso, para estimar a PE, a gravimetria dos resíduos gerados e a sua disposição final precisam ser avaliadas. Em relação ao material de consumo e aos equipamentos, não foram encontradas informações sobre os valores de fator de emissão de CO₂, o que impossibilitou sua inclusão nesta pesquisa.

Considerando-se a vegetação a ser utilizada para mitigar os efeitos das emissões de CO₂, fica claro que o eucalipto possui a melhor eficiência entre as estudadas, uma vez que sua taxa de absorção é maior que as demais: pastagem e cana-de-açúcar. A cana-de-açúcar, porém, é uma solução interessante, já que, mesmo contando com um valor de taxa de absorção um pouco menor que a do eucalipto, possui um ciclo de plantio menor (o ciclo do eucalipto é de 7 anos, enquanto o ciclo da cana-de-açúcar é de 1 ano e meio, em média). Outra vantagem do plantio da cana-de-açúcar é o fato de poder ser implantado um sistema de geração de energia elétrica, ou caldeiras, proporcionando um uso mais eficiente da biomassa da cana-de-açúcar, aspecto que se torna ainda mais relevante considerando-se a escassez das fontes não renováveis de energia e as pressões ambientalistas causadas pelo seu uso.

Avaliação da Pegada Ecológica no Campus Quissamã do Instituto Federal Fluminense

Gláucio José Pereira da Silva, Wallan Azevedo dos Santos, Milton Erthal Jr.

Para aumentar a eficiência do processo e reduzir os impactos socioambientais, tecnologias de conversão mais eficientes vêm sendo desenvolvidas e aperfeiçoadas, como a gaseificação e a pirólise, também sendo comum a cogeração em sistemas que utilizam a biomassa como fonte energética e no suprimento de eletricidade para demandas isoladas da rede elétrica (BRASIL, 2007b). Além disso, o município de Quissamã, onde se encontra a IE na qual foi aplicado este estudo de caso, é historicamente reconhecido pelo cultivo da cana-de-açúcar.

Segundo Ribeiro (2014), no ano de 2012 o município de Quissamã teve 12.600 hectares sob cultivo dessa gramínea. Considerando-se a importância histórica e atual, recomenda-se que as compensações das emissões sejam mitigadas por meio do cultivo dessa planta, no entanto, essa compensação ambiental deve ser precedida de práticas aceitáveis do ponto de vista socioambiental e uso do solo.

Práticas como a queimada da palhada durante o processo de colheita, usado para facilitar o corte manual da cana-de-açúcar (CAMPOS, 2003), o uso de mão de obra escrava e infantil e as práticas de manejo do solo que o predispoem à erosão e à liberação de gases do efeito estufa, entre eles CO_2 , N_2O e CH_4 , devem ser banidas. Com o objetivo de propor uma estratégia integrada com o *Campus* Quissamã, envolvendo a mitigação dos gases emitidos pela escola e, em troca, propostas de ação para tornar o cultivo da cana-de-açúcar mais sustentável em nível local, tais aspectos poderiam ser expostos aos agricultores locais.

Uma interessante proposta de ação para o IFFluminense seria o desenvolvimento de projetos de pesquisa e extensão nessa área, de forma a envolver tanto alunos quanto a comunidade no entorno da instituição. A pesquisa no IFFluminense é desenvolvida pela Pró-Reitoria de Pesquisa e Inovação, e busca promover e estimular a pesquisa de uma forma verticalizada, do ensino técnico ao mestrado, trabalhando para a região na qual o instituto está inserido, sendo feita de forma integrada ao ensino e à extensão, instigando o aluno na produção de novos conhecimentos e no alcance de resultados (IFF, 2015f).

A extensão no IFFluminense possibilita a prática dos conhecimentos adquiridos e produzidos no ambiente educacional por meio da sua aplicação na sociedade, de forma a trazer melhorias. A Pró-Reitoria de Extensão planeja, coordena, fomenta e acompanha essas atividades (IFF, 2015e). Esses projetos desenvolvidos poderiam contar com parcerias entre o Instituto e produtores locais, de modo a desenvolver estratégias de plantio das vegetações pesquisadas neste trabalho, para, assim, mitigar os efeitos das emissões de CO_2 causadas pelo Instituto.

Um dos principais resultados desta pesquisa é a possibilidade de se fazer um banco de dados com informações pertinentes à PE em instituições de ensino e utilizar esse indicador de sustentabilidade como forma de promover a Educação Ambiental no ambiente acadêmico e de inserir, de forma sistemática, práticas sustentáveis em instituições públicas de ensino (BRASIL, 2015b). Essa promoção deve considerar a divulgação dos valores obtidos para conhecimento geral e como forma de incentivar a implantação de estratégias de gestão ambiental que possam mitigar os problemas ambientais do *campus*, torná-lo mais sustentável e usar esse instrumento para agregar conhecimento acadêmico.

5 Conclusão

O item que mais colaborou com as emissões de CO_2 foi a área construída (49,69 t CO_2), seguido do consumo de combustível (25,2 t CO_2), enquanto que energia elétrica, água e papel juntos contribuíram com 24,80 t CO_2 . Com a implantação das propostas de melhorias, as emissões poderiam ser reduzidas em até 24,83 %.

O alto valor da PE dessa instituição mostra que ainda há muito por fazer para que níveis adequados de sustentabilidade sejam atingidos. É imprescindível a adoção de medidas por parte do *Campus* Quissamã que reduzam as emissões de CO_2 , além de outras compensatórias para o impacto causado.

Avaliação da Pegada Ecológica no Campus Quissamã do Instituto Federal Fluminense
Gláucio José Pereira da Silva, Wallan Azevedo dos Santos, Milton Erthal Jr.

A PE é um indicador de sustentabilidade que facilita a interpretação das variáveis ambientais de empresas, cidades, regiões, países até mesmo em nível global. Neste trabalho, a PE foi aplicada em uma instituição pública de ensino e pode auxiliar os gestores em tomadas de decisões que busquem a minimização de problemas ambientais. A PE total do *Campus Quissamã* é de 8,04 haG (eucalipto), 16,42 haG (pastagem de braquiária) e 13,99 (cana-de-açúcar). Se as medidas de melhorias propostas fossem implantadas, a PE total seria reduzida para 6,02 haG, 12,31 haG e 10,51 haG, respectivamente.

Por se tratar de uma instituição de ensino que presta um importante serviço à sociedade, a inserção de medidas de sustentabilidade poderia ser usada como modelo a ser aplicado em outras instituições públicas e privadas em nível regional.

Referências

ABREU, W. G. *Identificação de práticas sustentáveis aplicadas às edificações*. 2012. 169 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, 2012.

ALVIM, C. F.; FERREIRA, O. C.; VARGAS, J. I. Revisitando a concentração do metano na atmosfera. *Economia e Energia*, v. 11, n. 65, p. 29-35, dez./jan. 2007-2008.

AMARAL, R. C. *Análise da aplicabilidade da pegada ecológica em contextos universitários: estudo de caso no campus de São Carlos da Universidade de São Paulo*. 2010. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.

ANEEL. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. *Resolução normativa n. 482*. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/biblioteca/>. Acesso em: 13 maio 2015.

BARCZAK, R.; DUARTE, F. Impactos ambientais da mobilidade urbana: cinco categorias de medidas mitigadoras. *Revista Brasileira de Gestão Urbana*, Curitiba, 2012, v. 4, n. 1, p. 13-32.

BIDERMAN, R. *et al. Guia de compras públicas sustentáveis: Uso do poder de compra do governo para a promoção do desenvolvimento sustentável*. 2. ed. Rio de Janeiro: FGV, 2008. 151 p.

BRASIL. *Decreto n. 5.622 de 19 de dezembro de 2005*: regulamenta o artigo 80 da lei n. 9.394, de 20 de dezembro de 1996: que estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Brasília, 2005. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2005/Decreto/D5622.htm. Acesso em: 8 out. 2014.

BRASIL. *Ensino técnico: guia de profissões*. Brasília, 2013b. Disponível em: <http://www.brasil.gov.br/sobre/educacao/ensino-tecnico/guia-de-profissoes>. Acesso em: 8 out. 2014.

BRASIL. *Lei n. 11.892, de 29 de dezembro de 2008*: Institui a Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica, cria os Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia, e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2008/lei/11892.htm. Acesso em: 8 out. 2014.

Avaliação da Pegada Ecológica no Campus Quissamã do Instituto Federal Fluminense

Gláucio José Pereira da Silva, Wallan Azevedo dos Santos, Milton Erthal Jr.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Benefícios ambientais da produção e do uso do biodiesel*. Brasília, 2013a. Disponível em: http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/relatorio_biodiesel.pdf. Acesso em: 12 maio 2015.

BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. *Efeito estufa e a convenção sobre mudança do clima*. Brasília, 1999a. Disponível em: http://mct.gov.br/upd_blob/0000/346.pdf. Acesso em: 12 mar. 2015.

BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. *Relatórios de referência: emissões de carbono derivadas do sistema energético: abordagem top-down*. Brasília, 1999b. Disponível em: http://www.mct.gov.br/upd_blob/0219/219523.pdf. Acesso em: 12 mar. 2015.

BRASIL. Ministério da Educação. *Decreto n. 2.494 de 10 de fevereiro de 1998*: regulamenta o artigo 80 da LDB; Lei n. 9.394/96. Brasília, 1988. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seed/arquivos/pdf/tvescola/leis/D2494.pdf>. Acesso em: 8 out. 2014.

BRASIL. Ministério da Educação. *Decreto n. 7.566, de 23 de setembro de 1909*. Cria nas capitais dos Estados as Escolas de Aprendizes Artífices, para o ensino profissional primário e gratuito. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/setec/arquivos/pdf3/decreto_7566_1909.pdf. Acesso em: 8 out. 2014.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. *Balanço energético nacional 1999*: ano base 1998. Brasília, 1999c. Disponível em: http://www.anp.gov.br/brasil-rounds/round2/pdocs/Papresent/ben_p99.pdf. Acesso em: 27 maio 2015.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. *Plano nacional de energia 2030: eficiência energética*. Brasil, 2007a. Disponível em: http://www.epe.gov.br/PNE/20080512_11.pdf. Acesso em: 12 mar. 2015.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. *Plano nacional de energia 2030: geração termoeletrica (biomassa)*. Brasil, 2007b. Disponível em: http://www.epe.gov.br/PNE/20080512_11.pdf. Acesso em: 12 mar. 2015.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. *Plano nacional de energia 2030: geração termonuclear*. Brasil, 2007c. Disponível em: http://www.epe.gov.br/PNE/20080512_11.pdf. Acesso em: 12 mar. 2015.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. *Plano nacional de energia 2030: outras fontes*. Brasil, 2007d. Disponível em: http://www.epe.gov.br/PNE/20080512_11.pdf. Acesso em: 12 mar. 2015.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. *Classificação brasileira de ocupações*. Brasil, 2013c. Disponível em: <http://www.mteco.gov.br/cbosite/pages/pesquisas/ResultadoFamiliaDescricao.jsf>. Acesso em: 8 out. 2014.

CAMPOS, D. C. *Potencialidade do sistema de colheita sem queima da cana-de-açúcar para o sequestro de carbono*. 2003. 117 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

CARVALHO, J. L. N. *et al.* Potencial de Sequestro de Carbono em Diferentes Biomas do Brasil. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, v. 11, p. 277-289, 2010.

Avaliação da Pegada Ecológica no Campus Quissamã do Instituto Federal Fluminense

Gláucio José Pereira da Silva, Wallan Azevedo dos Santos, Milton Erthal Jr.

CHEN, B. *et al.* Ecological footprint accounting for energy and resource in China. *Energy Policy*, Pequim, v. 35, n. 3, p. 1599-1609, mar. 2007.

GASMIG. COMPANHIA DE GÁS DE MINAS GERAIS. *Gás natural: equivalência energética*. Disponível em: <http://www.gasmig.com.br/Gas/Equivalencia.aspx>. Acesso em: 21 ago. 2015.

FANG, K.; HEIJUNGS, R.; SNOO, G. R. Theoretical exploration for the combination of the ecological, energy, carbon, and water footprints: overview of a footprint family. *Ecological Indicators*, v. 36, p. 508-518, 2014.

FERES, Y. N.; ANTUNES, F. Z. Gestão ambiental em instituições de ensino: programa ecoeficiência e sistema de gestão ambiental do SENAC São Paulo. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE GESTÃO EMPRESARIAL E MEIO AMBIENTE, 10., 19-21 nov. 2007, Curitiba. *Anais [...]*. Curitiba: ENGEMA, 2007. Disponível em: <http://www.casoe.com.br/wp-content/uploads/2012/11/f-GESTAO-AMBIENTAL-SENAC-2004.pdf>. Acesso em: 12 maio 2015.

FICHA técnica de Chevrolet Montana 2010. ICarros. Disponível em: <http://www.icarros.com.br/chevrolet/montana/2010/ficha-tecnica>. Acesso em: 21 ago. 2015.

FICHA Técnica de Fiat Uno Mille 2007. ICarros. Disponível em: <http://www.icarros.com.br/fiat/uno-mille/2007/ficha-tecnica>. Acesso em: 21 ago. 2015.

FICHA Técnica de Ford Fiesta Sedan 2011. ICarros. Disponível em: <http://www.icarros.com.br/ford/fiesta-sedan/2011/ficha-tecnicatecnica>. Acesso em: 21 ago. 2015.

FOURNIER, A. C. P.; PENTEADO, C. L. C. *Eletrificação rural: um desafio para universalização da energia*. Disponível em: http://www.aneel.gov.br/biblioteca/download/livros/eletrificacao_XII.pdf. Acesso em: 31 ago. 2014.

GOLDEMBERG, J.; LUCON, O. *Energia, meio ambiente e desenvolvimento*. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2008.

GOTTLIEB, D. *et al.* Analyzing the ecological footprint at the institutional scale: The case of an Israeli high-school. *Ecological Indicators*, Haifa, 2012.

HODGE, B. K. *Sistema e aplicações de energia alternativas*. São Paulo: LTC, 2011.

HOGAN, D. J. Crescimento populacional e desenvolvimento sustentável. *Lua Nova: Revista de Cultura e Política*, São Paulo, 1993. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-64451993000300004. Acesso em: 12 maio 2015.

IFF. INSTITUTO FEDERAL FLUMINENSE. *Apresentação*. 2015a. Disponível em: <http://portal.iff.edu.br/institucional/historico>. Acesso em: 12 jul. 2015.

IFF. INSTITUTO FEDERAL FLUMINENSE. *Cursos*. 2015b. Disponível em: <http://portal.iff.edu.br/institucional>. Acesso em: 12 jul. 2015.

Avaliação da Pegada Ecológica no Campus Quissamá do Instituto Federal Fluminense

Gláucio José Pereira da Silva, Wallan Azevedo dos Santos, Milton Erthal Jr.

IFF. INSTITUTO FEDERAL FLUMINENSE. *Histórico*. 2015c. Disponível em: <http://portal.iff.edu.br/campus/campus-avancado>. Acesso em: 12 jul. 2015.

IFF. INSTITUTO FEDERAL FLUMINENSE. *Cursos*. 2015d. Disponível em: <http://portal.iff.edu.br/cursos>. Acesso em: 12 jul. 2015.

IFF. INSTITUTO FEDERAL FLUMINENSE. *Pró-reitoria de extensão e cultura*. 2015e. Disponível em: <http://portal.iff.edu.br/campus/reitoria/pro-reitoria-de-extensao-1>. Acesso em: 12 jul. 2015.

IFF. INSTITUTO FEDERAL FLUMINENSE. *Pró-reitora de pesquisa e inovação*. 2015f. Disponível em: <http://portal.iff.edu.br/campus/reitoria/outros>. Acesso em: 12 jul. 2015.

IPCC. *Climate change 1995: the economic and social dimensions of climate change*. 1996a. Disponível em: https://www.ipcc.ch/ipccreports/sar/wg_III/ipcc_sar_wg_III_full_report.pdf. Acesso em: 12 maio 2015.

IPCC. *Climate change 1995: The science of climate change*. 1996b. Disponível em: https://www.ipcc.ch/ipccreports/sar/wg_III/ipcc_sar_wg_III_full_report.pdf. Acesso em: 12 maio 2015.

IPCC. *Greenhouse gas inventory reporting instructions: IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories*. 1996c. Disponível em: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/>. Acesso em: 12 maio 2015.

IPCC. *A report of working group I of the intergovernmental panel on climate change: Summary for Policymakers*, 2007. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg1/ar4-wg1-spm.pdf>. Acesso em: 12 maio 2015.

IPBES. *Worsening Worldwide Land Degradation Now “Critical”, Undermining Well-Being of 3.2 Billion People*. [S. l.]: IPBES, 2018. Disponível em: <https://www.ipbes.net/news/media-release-worsening-worldwide-land-degradation-now-%E2%80%98critical%E2%80%99-undermining-well-being-32>. Acesso em: 10 abr. 2018.

JACOVINE, L. A. G. *et al.* A seringueira no contexto das negociações sobre mudanças climáticas globais. In: ALVARENGA, A. P.; CARMO, C. A. F. S. *Sequestro de carbono: Quantificação em seringais de cultivo e na vegetação natural*. Viçosa, MG: EPAMIG, 2006. p. 1-41.

KIRCHNER, J. *et al.* *Carrying capacity, population growth and sustainable development*. Disponível em: <http://www.popline.org/node/633456>. Acesso em: 12 maio 2015.

LI, G. J. *et al.* Application of the componential method for ecological footprint calculation of a Chinese university campus, *Science Direct*, Shenyang, 2008.

MATTOS, L. B. R. *A importância do setor de transportes na emissão de gases do efeito estufa: o caso do município do Rio de Janeiro*. 2001. 222 f. Dissertação (Mestrado em Ciências e Planejamento Energético) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Rio de Janeiro, 2001. Disponível em: <http://www.ppe.ufrj.br/ppes/production/tesis/lbrmattos.pdf>. Acesso em: 18 nov. 2014.

Avaliação da Pegada Ecológica no Campus Quissamã do Instituto Federal Fluminense

Gláucio José Pereira da Silva, Wallan Azevedo dos Santos, Milton Erthal Jr.

MIRANDA, M. M. *Fator de emissão de gases de efeito estufa da geração de energia elétrica no Brasil: implicações da aplicação da avaliação do ciclo de vida*. 2012. 164 f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012.

NREL. NATIONAL RENEWABLE ENERGY LABORATORY. *Life cycle greenhouse gas emissions from solar photovoltaics*. 2012. Disponível em: <http://www.nrel.gov/docs/fy13osti/56487.pdf>. Acesso em: 24 set. 2015.

PÊGO, C. S.; ERTHAL Jr., M. Dimensionamento e viabilidade econômica da coleta e uso de águas pluviais no município de Campos dos Goytacazes, RJ. *Perspectivas Online*, v. 2, n.3, p. 41-53, 2012.

RAWORTH, K. A safe and just space for humanity. *Oxfam Discussion Papers*, Feb. 2012.

RIBEIRO, A. C. *A Economia Norte Fluminense: análise da conjuntura e perspectivas*. 3. ed. Campos dos Goytacazes, RJ: Fundação Cultural Jornalista Oswaldo Lima, 2014.

ROCKSTRÖM, J. *et al.* Planetary boundaries: exploring the safe operating space for humanity. *Ecology and Society*, v. 14, n. 2, 2009.

RODRÍGUES, R. L.; IGLESIAS, J. L. T.; ÁLVAREZ, N. L. *Impacto Ambiental en Centros da Universidade de Santiago de Compostela*. Santiago de Compostela: Universidade de Santiago de Compostela, 2008.

SARTORI, S. *et al.* Sustentabilidade e desenvolvimento sustentável: uma taxonomia no campo da literatura. *Ambiente & Sociedade*, v. 18, p. 1-22, 2014.

SEGNINI, A. *et al.* Potencial de sequestro de carbono em áreas de pastagem de *Brachiaria decumbens*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 31., 5-10 ago. 2007, Gramado, RS. Disponível: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/48375/1/PROCIOP2007.00153.pdf>. Acesso em: 21 mar. 2015.

SILVA, G. J. P. *Modelagem para avaliação da Pegada Ecológica em Instituições de Ensino*. 2015. 129 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Candido Mendes, Campos dos Goytacazes, 2015.

VAN BELLEN, H. M. *Indicadores de sustentabilidade: uma análise comparativa*. 2002. 235 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

WACKERNAGEL, M.; REES, W. *Our ecological footprint: the new catalyst bioregional series*. Gabriola Island, B.C.: New Society Publishers, 1996. 160p.

WWF. WORLD WIDE FUND FOR NATURE. *Relatório planeta vivo*: 2014. Disponível em: http://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/especiais/relatorio_planeta_vivo/. Acesso em: 2015.