

## ESTIMATIVA DE FLUXOS DE NITROGÊNIO NA UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA, BRASIL

*ESTIMATION OF NITROGEN FLOWS AT THE FEDERAL UNIVERSITY OF BAHIA, BRAZIL*

*ESTIMACIÓN DE FLUJOS DE NITRÓGENO EN LA UNIVERSIDAD FEDERAL DE BAHÍA, BRASIL*

Rodrigo Gallotti Lima<sup>1</sup>  
Anita Maria de Lima<sup>2</sup>  
Sergio Luis Martins dos Santos<sup>3</sup>  
Laura Jane Gomes<sup>4</sup>  
Alan Emanuel Silva Cerqueira<sup>5</sup>

### RESUMO:

Este artigo discute o problema das alterações no ciclo do nitrogênio e apresenta a identificação e estimativa de entradas e saídas dos fluxos anuais de nitrogênio no Campus de Ondina da Universidade Federal da Bahia (UFBA). O limite desta pesquisa é conceitual ao invés de estritamente geográfico, em função da dinâmica, abrangência e extensão que ocorrem os fluxos de nitrogênio. Neste sentido, verificou-se que cerca de 90.000 kg de N por ano seja o fluxo do Campus Ondina, onde somente os voos aéreos são responsáveis por mais de 60% dessas emissões. Os resultados apresentados neste estudo permitem a identificação dos impactos relacionados com a geração do nitrogênio reativo, que pode funcionar como um instrumento de orientação para a criação de diretrizes bem como para a adoção de políticas ambientais e educacionais para o campus.

**Palavras-chave:** Campus ecológico, Nitrogênio no campus, Fluxo de nitrogênio.

### ABSTRACT:

This paper discusses the problem in the nitrogen cycle and presents an identification and estimation of inputs and outputs of annual nitrogen flows of Federal University of Bahia (UFBA), Ondina Campus. The limit of this research is conceptual rather than strictly geographic, as a function of the dynamics, scope and extent that nitrogen flows occur. In this sense, it was verified that about 90,000 kg of N per year is the flow of the Ondina Campus, where only air flights account for more than 60% of these emissions. The results presented in this study allow the identification of the impacts related to the generation of reactive nitrogen, which can act as an orientation tool for the creation of guidelines as well as for the adoption of environmental and educational policies for the campus.

**Keywords:** Ecology campus, Nitrogen Campus, Nitrogen flows.

### RESUMEN:

Este artículo discute el problema de los cambios en el ciclo del nitrógeno y presenta la identificación y estimación de las entradas y salidas de los flujos anuales de nitrógeno en el Campus Ondina de la Universidad Federal de Bahía (UFBA). El límite de esta investigación es más conceptual que estrictamente geográfico, dependiendo de la dinámica, alcance y extensión en que ocurren los flujos de nitrógeno. En este sentido, se encontró que alrededor de 90.000 kg de N al año es el caudal del Campus Ondina, donde solo los vuelos aéreos son responsables de

<sup>1</sup>Instituto Federal de Sergipe (IFS). [rodrigo.lima@ifs.edu.br](mailto:rodrigo.lima@ifs.edu.br)

<sup>2</sup>Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). [anita.lima@gmail.com](mailto:anita.lima@gmail.com)

<sup>3</sup>Universidade Federal de Sergipe (UFS). [sergio\\_santos@bahiapulp.com](mailto:sergio_santos@bahiapulp.com)

<sup>4</sup>Universidade Federal de Sergipe (UFS). [laura@academico.ufs.br](mailto:laura@academico.ufs.br)

<sup>5</sup>Universidade Federal de Viçosa (UFV). [emanuelalansc@gmail.com](mailto:emanuelalansc@gmail.com)

LIMA, R. G. et al.

más del 60% de estas emisiones. Los resultados presentados en este estudio permiten identificar los impactos relacionados con la generación de nitrógeno reactivo, que puede funcionar como un instrumento rector para la creación de lineamientos así como para la adopción de políticas ambientales y educativas para el campus.

**Palabras-clave:** Campus ecológico. Nitrógeno en el campus. Flujo de nitrógeno.

## 1 INTRODUÇÃO

O nitrogênio (N) na sua forma molecular ( $N_2$ ) é o elemento mais abundante na atmosfera, estável e não reage facilmente, portanto, não pode ser utilizado diretamente por plantas e animais. Algumas bactérias no solo, raízes de plantas e sistemas aquáticos convertem  $N_2$  em Nitrogênio reativo (Nr), o qual, assim, pode ser absorvido por esses indivíduos. O Nr inclui N inorgânicos e orgânicos, tais como  $NH_3$ ,  $N_2O$ ,  $NO_2$  proteínas, DNA e  $NH_3$  (ERISMAN et al., 2007; GALLOWAY et al., 2004, 2014).

O ciclo do nitrogênio é responsável pela troca dinâmica de compostos nitrogenados que ocorrem entre a atmosfera, litosfera e hidrosfera. As ações humanas têm aumentado a quantidade de nitrogênio reativo no ambiente devido a várias atividades como a queima de combustíveis fósseis, produção e uso de fertilizantes químicos, descarte de efluentes domésticos e industriais, queimadas, supressão de vegetação etc. (GALLOWAY et al., 2003; GALLOWAY et al., 2004; ROCKSTRÖM et al., 2009; ERISMAN et al., 2013; UNEP, 2014).

De acordo com Rockstrom et al. (2009) e Steffen et al. (2015), as ações humanas já ultrapassaram os limites planetários para o ciclo de nitrogênio. Segundo os autores, os limites são compostos por processos imbuídos em sistemas naturais que influenciam na capacidade de resiliência do planeta. Após a identificação dos processos, os autores propuseram fronteiras seguras para cada um, o que, se ultrapassadas, promovem condições ambientais adversas que condicionam risco de vida de muitas espécies, incluindo os seres humanos. Depois de analisar cada sistema separadamente, os autores concluíram que três deles já ultrapassaram o limite: Perda de Biodiversidade, Ciclo do Nitrogênio e Mudanças Climáticas. No caso do N, em uma escala global, a quantidade de  $N_2$  convertidos em Nr das atividades humanas é muito elevado e que altera significativamente o ciclo de nitrogênio natural.

Devido a questão ambiental, muitas instituições foram mobilizadas pela causa do ciclo do carbono, das mudanças climáticas, do uso racional de recursos naturais dentre outras, através de iniciativas de sustentabilidade em instituições de ensino superior (UMACS, 2013). Relacionado a isso, até o momento, apenas duas instituições direcionaram seus esforços para a questão do N, sendo uma abordada na pesquisa de Savanick, Baker e Perry (2007), que teve como objetivo quantificar as entradas e saídas anuais de nitrogênio reativo do Campus Twin Cities, na Universidade de Minnesota. A segunda foi a Universidade de Virginia, contemplada na pesquisa Leach, et al., (2013) considerado o primeiro modelo em nível de universidade que estimou a pegada de nitrogênio da Universidade de Virginia (UVA), tanto a atual como a projetada para 2025. Este modelo também é usado para testar cenários sobre as formas mais eficazes para reduzir a pegada de nitrogênio (N) da universidade. No Brasil, até os dias atuais não há nenhum registro sobre as iniciativas de instituições de ensino focadas

LIMA, R. G. et al.

no ciclo N. Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi identificar e quantificar os fluxos de entrada e saída de N, gerados pelas demandas das atividades existentes no Campus de Ondina da Universidade Federal da Bahia (UFBA).

## 2 METODOLOGIA

### 2.1 Área de estudo: Campus Ondina, UFBA

O Campus Ondina da UFBA está localizado em Salvador, capital do estado da Bahia, Brasil. Tem área total de aproximadamente 447.000 m<sup>2</sup> (~ 45 ha), dos quais 307.000 m<sup>2</sup> (~ 31 ha) é construída e 140.000 m<sup>2</sup> (~ 14 ha) é a área verde. A área verde é caracterizada pela presença de Mata Atlântica. O campus é composto por 22 prédios, dentre eles a Escola de Medicina Veterinária, Hospital Veterinário da Faculdade de Comunicação, Geociências, Biologia, etc., e outros prédios que contemplam laboratórios de pesquisa que juntos demandam um grande consumo de energia. Em 2014, o campus contemplava 9.020 pessoas, incluindo alunos e funcionários.

### 2.2 Limite do sistema

Como já é sabido, o ciclo do nitrogênio ocorre em perspectiva ampla e a nível planetário, desse modo, o limite desta pesquisa é conceitual ao invés de estritamente geográfico, em função da dinâmica e extensão dos fluxos de nitrogênio. Parte-se do princípio de que as demandas estão diretamente relacionadas ao campus estudado, mas, os fluxos ocorrem dentro e fora dele, por exemplo: fluxos de N são gerados devido aos deslocamentos que a comunidade acadêmica diariamente necessita realizar nos seus trajetos residência-campus; outro exemplo é a energia exigida no campus que é gerada em diferentes locais do país; Além disso, viagens aéreas demandadas pelo campus são frequentemente realizadas e ocorrem em território nacional e internacional etc.

Convém mencionar que existem fluxos de N<sub>2</sub>, mas esta pesquisa tem foco apenas nos fluxos N<sub>r</sub> gerados pelas demandas do campus, uma vez que o problema relacionado com o ciclo do nitrogênio é do aumento de N<sub>r</sub> na atmosfera, que é resultante das ações antrópicas. Para estimativa das emissões considerou-se um ano escolar com 200 dias, porque eles representam mais significativamente as contribuições do campus para o ciclo de nitrogênio. Algumas edificações presentes na área do campus não foram consideradas porque estas não são geridas pela universidade. Os dados coletados no campus foram obtidos entre 2011 e 2014.

### 2.3 Subsistemas

Baseado na pesquisa de Savanick, Baker e Perry (2007), o Campus Ondina foi dividido em quatro subsistemas: Atividades humanas, Metabolismo humano, Metabolismo animal e Paisagem. Para cada subsistema, as entradas e saídas de N<sub>r</sub>, foram calculadas em kg N ano<sup>-1</sup>. A seguir serão descritos os subsistemas:

- Subsistema Atividades Humanas - caracterizado pelas atividades referentes ao uso de veículos

LIMA, R. G. et al.

(carros, ônibus, vans, aviões) e da energia demandada pelos edifícios do campus. Os veículos ao funcionarem necessitam de  $N_2$  para realização da combustão, logo, esse  $N_2$  representa o único fluxo de entrada do referido subsistema. Como fluxo de saída, fruto dos processos de combustão dos veículos tem-se o  $Nr$ . Outro processo de combustão neste subsistema é decorrente da geração de energia elétrica que é demandada pelas edificações. No que se refere às emissões de  $Nr$  das edificações, consideraram-se as emissões de  $NOx$  provenientes de geração e distribuição da energia elétrica consumida no campus. Através das contas de energia fornecidas pelo setor da gestão da prefeitura do campus, obteve-se a quantidade de energia utilizada. Finalmente, usando o fator de emissão de  $NOx$  provenientes da produção e distribuição de energia, a quantidade de  $Nr$  gerada decorrente da energia usada nos edifícios foi estimada. Nas emissões de transporte, foram considerados o  $NOx$  emitido pelos veículos oficiais da universidade, veículos particulares e ônibus que transportam a comunidade acadêmica. Além disso, foram contempladas as emissões geradas a partir de viagens aéreas por professores e alunos de pós-graduação referentes aos diversos eventos acadêmicos/científicos. Cabe lembrar que para este trabalho, considerou-se o pior cenário sendo uma pessoa por veículo, seja ônibus, carro, van ou avião.

▪ No Subsistema Metabolismo Humano, o fluxo de entrada é o nitrogênio da proteína contida no alimento dos restaurantes do campus. Já os fluxos de saída são: o  $Nr$  presente na proteína de alimentos desperdiçados no restaurante tanto na preparação de alimentos como o referente às sobras dos pratos; e o  $Nr$  contido nas águas residuárias.

▪ No Subsistema Metabolismo Animal, a entrada é a alimentação das cobaias do campus. As saídas deste subsistema são excrementos e carcaças dos animais. No entanto, neste Campus, somente são utilizados pequenos animais e em pequenas quantidades, logo, o valor calculado deste subsistema não foi contabilizado uma vez que este valor é insignificante tendo em vista os outros subsistemas desta pesquisa.

▪ No Subsistema de Paisagem seus fluxos de entradas incluem a Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN) nos fragmentos Mata Atlântica no campus além da deposição atmosférica do nitrogênio. Já seus fluxos de saída são: a quantidade de  $Nr$  presente nos resíduos orgânicos referente a poda das áreas ajardinadas e a quantidade de  $Nr$  que é depositado na área urbana que escoar superficialmente (*Run off*). Em relação a este subsistema apontam-se considerações:

o As áreas verdes do campus contemplam espécies em sua maioria nativas da Mata Atlântica. Portanto, para esta pesquisa, todas as plantas foram consideradas como sendo pertencentes a este ecossistema;

o Ocorre fixação biológica de  $N_2$  e depois a geração  $Nr$  pelos microrganismos do solo. Este  $Nr$  foi considerado como fluxo de entrada neste subsistema, pois, as plantas o utilizam como nutriente e geram resíduo de poda. Este resíduo de poda considerou-se como fluxo de saída de  $Nr$  do subsistema. Além disso, parte do  $Nr$  gerado é emitido para a atmosfera, parte fica no solo e parte é percolado para as fontes hídricas. No entanto, não foi possível contabilizar esses fluxos. A deposição atmosférica de  $Nr$  é um importante fluxo de  $N$  do campus,



LIMA, R. G. et al.

uma vez que transporta o Nr às áreas verdes. Nesta pesquisa esta entrada foi estimada, mas, não foi considerada porque há apenas o transporte e não a geração de Nr na área do campus; o *Run off* estimado não foi contabilizado como uma saída de Nr uma vez não há uma geração, mas apenas um transporte de Nr.

## 2.4 Fontes de dados

Os dados foram obtidos nos diversos setores administrativos da universidade, bem como em alguns estabelecimentos, a exemplo dos restaurantes do campus. As fontes de dados para cada entrada e saída do sistema estão detalhadas na Tabela 1.

Dados		Fontes
<b>Subsistema de Atividades Humanas</b>		
Saídas	<b>Energia</b>	A energia utilizada pelos edifícios foi obtida no setor de gestão de prefeitura de campus. Já o fator de emissão de NO <sub>x</sub> pela geração de energia foi obtida através ECOINVENT (2009).
	<b>Transportes terrestres (carros e ônibus)</b>	A frota de veículos oficiais bem como os combustíveis utilizados por eles foi obtida no setor de transportes do campus. A população da comunidade acadêmica foi obtida nos setores administrativos do campus. A média diária de carros particulares que entram no campus foi identificada por medição direta. A quilometragem média rodada pelos carros particulares foi obtida a partir de dados de endereços da comunidade acadêmica, onde adotou-se a média das distâncias dos três bairros que mais contemplavam representantes da comunidade acadêmica do campus. A identificação e quantificação das linhas de ônibus que servem o Campus Ondina foi obtida na Transalvador (2011). O fator NO <sub>x</sub> emissão para diversos veículos e combustíveis diferentes foi obtido no MMA (2011).
	<b>Transporte aéreo</b>	As distâncias médias percorridas em território nacional e internacional nos voos realizados por professores e alunos foi obtida na pró-reitoria de pós-graduação da universidade. O tipo de aeronave mais utilizada em voo doméstico e internacional foi obtida pela TAM (2012) e pela BOEING (2012) respectivamente. Já o fator de emissão de NO <sub>x</sub> foi obtido a partir do MCT (2010).
<b>Subsistema de Metabolismo Humano</b>		
Entradas	<b>Alimento</b>	O padrão de aquisição de alimentos por pessoa na Bahia foi disponibilizado na Tabela de Aquisição de Alimentos do IBGE (2010), já a relação de alimentos consumidos no campus foi fornecida pelos proprietários e/ou os setores administrativos de restaurantes do campus. O teor de proteína de cada tipo de alimento foi obtido a partir Brasileira de Alimentos Quadro Composição (UNICAMP, 2006). A percentagem de proteína em N foi obtida a partir de Esminger (1991) <i>apud</i> Savanick, Baker e Perry (2007).
	<b>Resíduos de alimentos</b>	Os resíduos de alimentos desperdiçados tanto na preparação quanto nas sobras das refeições servidas em restaurantes foram fornecidos pelos proprietários e nos restaurantes do campus.
Saídas	<b>Esgoto</b>	O percentual de N <sub>i</sub> ingerido dos alimentos que vai para o esgoto foi obtido de Baker et al. (2001). E a quantidade de resíduos que se transformam em efluentes é considerada a partir dos alimentos ingeridos (alimentos que entram no campus – alimentos que são desperdiçados)
<b>Subsistema de Paisagem</b>		
Entradas	<b>Fixação Biológica de N (FBN)</b>	A FBN da Mata Atlântica foi obtida a partir de Filoso et al. (2006); A área verde do campus foi obtida nos projetos de arquitetura fornecidos no setor de planejamento campus.
	<b>Deposição Atmosférica de N</b>	A deposição atmosférica do nitrogênio foi obtida pelos mapas de deposição modelados de NH <sub>x</sub> e NO <sub>y</sub> em Filoso et al., 2006. A área total do campus foi obtida nos projetos de arquitetura fornecido pelo setor de planejamento do campus.
Saídas	<b>Resíduos das áreas verdes</b>	A quantidade de resíduos de jardim gerado foi obtida pelo setor administrativo do campus; a densidade média de resíduos de jardim obtido pela razão da massa e volume calculado de sete sacos de 200 l contendo de ¾ deste resíduo. A percentagem média de nitrogênio na planta foi obtido a partir de Epstein (1965).
	<b>Run off</b>	A deposição de nitrogênio atmosférico foi obtida a partir de mapas de deposição modelados de NH <sub>x</sub> e NO <sub>y</sub> de Filoso et al., 2006. A área urbana foi obtida nos projetos de arquitetura fornecido pelo setor de planejamento do campus.

Tabela 1. Fontes dos dados utilizados para esta pesquisa.

Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

LIMA, R. G. et al.

O cálculo das emissões foi baseado em modelos matemáticos adaptados de Savanick, Baker e Perry (2007) para a realidade das Instituições de Ensino Superior (IES) brasileiras. Para fins de padronização das emissões, durante os cálculos, todas emissões em gramas de NOx foram convertidas para serem expressas em **kg de N ano<sup>-1</sup>**, logo, para os cálculos foi utilizado tanto o fator de transformação de 0,001 (referente a conversão de g =>kg) como o fator de conversão de NOx em N, pois, para a massa de N presente em NOx foi adotado, para todos os cálculos, a proporção utilizada para NO<sub>2</sub> (massa N/NO<sub>2</sub> =>massa = 14/46). Já para calcular a massa de N presente no NHx depositado foi utilizada a proporção de N presente em NH<sub>3</sub> + e NH<sub>4</sub> ((14/17 + 14/18) / 2).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Subsistema de atividades humanas

##### Entrada

Como já é sabido, não há entrada de Nr para este subsistema.

##### Saídas

Energia elétrica nos edifícios - De acordo com o setor de gestão do campus, o consumo de energia elétrica entre 2011 e 2013 foi 7.813.714,49 kWh. Por meio da base de dados Ecoinvent (2009), verificou-se que a produção e distribuição de energia no Brasil, considerando as perdas na produção e na conversão de tensão (de alto a baixo), emite 0,21 g NOx kWh<sup>-1</sup>. Desse modo, as emissões de NOx a partir da energia utilizada é 1.640.880 g ano<sup>-1</sup>, que representa uma produção média anual de **499,3 kg N ano<sup>-1</sup>** onde:

$$(7.813.714,49 \text{ kWh}) \times (0,21 \text{ g NOx kWh}^{-1}) \times (0,001) \times (14/46) = \mathbf{499,3 \text{ kg N ano}^{-1}}$$

Transporte - A medição direta foi realizada durante 25 dias úteis, a fim de estimar a quantidade média de carros que entram no campus a cada dia. Vale ressaltar que para este trabalho foi acordado que cada carro comuta com um único ocupante de modo que cada carro representa um indivíduo. Devido ao fato de toda a distribuição de dados serem normais por teste KS, utilizou-se o valor médio. Após isso, foi avaliada a homogeneidade das variâncias pelo teste de Bartlett e concluiu-se que os dados não foram homogêneos. Desse modo, por meio de análise de variância não paramétrica concluiu (Kruskal-Wallis) que não houve diferença significativa entre os tratamentos, porque o valor de p era igual a 0,3909 que é maior do que 0,05 (um valor de p abaixo de 0,05 representa a diferença significativa). Assim, após esta análise, foi considerado que uma estimativa de  $3.698 \pm 247$  carros entram no campus a cada dia, o que representa uma média anual de 739.600 carros em um ano escolar. A distância estimada percorrida por cada veículo considerado foi de 28 km/dia, computando ida e volta. De acordo com MMA (2011), o fator de emissão de NOx dos carros adotados para etanol e gasolina em carros fabricados entre 2000 e 2009, foi de 0,08 g NOx km<sup>-1</sup>. Assim, a saída de Nr por carros que comutam para o campus foi estimada em **504,21 kg N ano<sup>-1</sup>**, pois:

LIMA, R. G. et al.

$(3.698) \times (28 \text{ km dia}^{-1}) \times (0,08 \text{ gNO}_2 \text{ km}^{-1}) \times (0,001) \times (14/46) \times (200 \text{ dias}) = \mathbf{504,21 \text{ kg N ano}^{-1}}$

Por outro lado, a quantidade de pessoas que viajam para o campus de ônibus foi estimada subtraindo a população absoluta (9.020 pessoas) pela quantidade de pessoas que viaja de carro ( $3.698 \pm 247$  pessoas estimadas usando o número de carros e considerando que cada carro comuta com um único ocupante). Para identificar as linhas de ônibus que trafegam no entorno do campus, foi identificado por meio de informações disponíveis no site da Companhia de Transportes de Salvador (Transalvador, 2011). Usando a trajetória dessas linhas, estima-se que cada passageiro viaja 42 km dia<sup>-1</sup> em ambos os sentidos para estudar na Universidade. Baseado no MMA (2011), verificou-se um fator de emissão de NOx de 1,29 g NOx km<sup>-1</sup> para a frota de ônibus urbanos em 2010. Sendo em média 5.322 pessoas que viajam em média 42 km dia<sup>-1</sup> para a universidade, a emissão de Nr anual por usuário de ônibus ao longo dos 200 dias é de **17.551,49 kg N ano<sup>-1</sup>**, pois:

$(5.322) \times (42 \text{ km dia}^{-1}) \times (1,29 \text{ g NO}_2 \text{ km}^{-1}) \times (14/46) \times (0,001) \times (200 \text{ dias}) = \mathbf{17.551,49 \text{ kg N ano}^{-1}}$

Além disso, o setor de transportes informou que os veículos oficiais do campus percorrem 182.002 km utilizando diesel e 222.065 km usando gasolina a cada ano. De acordo com o MMA (2011) um carro leve de empresa utilizando diesel emite 0,7 g NOx km<sup>-1</sup> e um carro leve, fabricado entre 2000 e 2009 o uso de gasolina emite uma média de 0,078 g NOx km<sup>-1</sup>. Assim, a emissão total de Nr referente a combustão gerada pelos carros oficiais é de **43,97 kg N ano<sup>-1</sup>**, pois:

$\{[(182.002 \text{ km ano}^{-1}) \times (0,7 \text{ gNO}_2 \text{ km}^{-1})] + [(222.065 \text{ km ano}^{-1}) \times (0,078 \text{ gNO}_2/\text{km rodado})]\} \times (14/46) \times (0,001) = \mathbf{43,97 \text{ kg N ano}^{-1}}$

Viagens Aéreas - De acordo com a TAM (2012), o A321 Airbus é um dos aviões mais utilizados para viagens domésticas, já o Boeing B777 para viagens internacionais, logo, essas foram as aeronaves consideradas para a pesquisa. De acordo com o setor de administração de pós-graduação da Universidade, em 2011, 2.643.006 km foram percorridos de avião por funcionários da universidade e os estudantes em viagens domésticas. De acordo com AIRBUS (2012), o A321 com ocupação total (220 passageiros) e tanque de combustível cheio (30.030 litros) percorre 5.556 km, logo, tem-se que:

$V(l) = 30.030(l) / 5.556(\text{km}) \times 2.643.006(\text{km ano}^{-1}) = 14.285.361,80 \text{ l}$  necessários para os voos demandados no ano.

De acordo com o MCT (2010), a densidade de querosene é de 0,79 kg l<sup>-1</sup> e seu fator de emissões de NOx é de 14,1 kg t<sup>-1</sup> de combustível. Desta forma, verificou-se que **48.429,21kg N ano<sup>-1</sup>** são emitidos a partir dos voos domésticos, onde

- Estimativa da massa de combustível gasta nos voos:

$0,79 = m \text{ (kg)} / 14.285.361,80 \text{ (l ano}^{-1}) \Rightarrow m = 11.285.435,822 \text{ kg ano}^{-1}$  ou 11.285,43 t ano<sup>-1</sup>

- Estimativa da emissão de N gerada nos voos domésticos:

$(11.285,43 \text{ t ano}^{-1}) \times (14,1 \text{ kg N t}^{-1}) \times (14/46) = \mathbf{48.429,21 \text{ kg N ano}^{-1}}$  são emitidas pelos

LIMA, R. G. et al.

voos domésticos demandados pelo campus.

Por outro lado, a administração pós-graduação da Universidade, informou que, em 2010, 253.776 km foram percorridos em viagens internacionais. Segundo a Boeing (2012), a distância máxima percorrida por um B777 com tanque cheio (181.280 l) é de 14.685 km, logo, tem-se que:

$V(l) = 181.280(l) / 14.685(\text{km}) \times 253.776 (\text{km ano}^{-1}) = 3.132.755,41 \text{ l}$  necessários para os voos demandados no ano.

De acordo com o MCT (2010), a densidade de querosene é de  $0,79 \text{ kg l}^{-1}$  e o seu fator de emissões de  $\text{NO}_x$  é  $14,1 \text{ kg t}^{-1}$  de combustível. As viagens internacionais totalizam **10.620,42 kg N ano<sup>-1</sup>**, onde:

- Estimativa da massa de combustível gasta nos voos:

$$0,79 = m (\text{kg}) / 3.132.755,41 (\text{l ano}^{-1}) > m = 2.474.876,77 \text{ kg ano}^{-1} \text{ ou } 2.474,87 \text{ t ano}^{-1}.$$

- Estimativa da emissão de N gerada nos voos domésticos:

$E = 2.474,87 (\text{t ano}^{-1}) \times 14,1 (\text{kg N t}^{-1}) \times 14/46 = \mathbf{10.620,42 \text{ kg N ano}^{-1}}$  são emitidas por voos internacionais.

Desse modo, o fluxo das emissões (referentes aos voos domésticos + voos internacionais) de Nr do Campus Ondina é de  $59.049,63 \text{ kg N ano}^{-1}$ . Já o somatório de todas as saídas para este subsistema é de  $77.648,60 \text{ kg N ano}^{-1}$  (tabela 2).

Saídas	kg N ano <sup>-1</sup>
Energia	499,30
Transporte – ônibus	17.551,49
Transporte – carros particulares	504,21
Transporte – carros oficiais	43,97
Transporte – aviões	59.049,63
<b>TOTAL</b>	<b>77.648,60</b>

Tabela 2. Fluxos do subsistema de atividades humanas.

Fonte: Elaborado pelos autores 2017.

### 3.2 Subsistema de metabolismo humano

#### Entradas

Alimento Humano – Primeiramente, foi obtido o padrão de aquisição de alimentos por pessoa na Bahia disponível na Tabela de Aquisição de Alimentos do IBGE (2010), que informa a quantidade média de  $290,426 \text{ kg}$  de comida pessoa<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. Em seguida, determinou-se o teor de proteína destes alimentos através da Tabela de Composição alimentar brasileira (UNICAMP, 2006). Diante disso, observou-se que  $24,3 \text{ kg}$  de proteína pessoa<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> em média são consumidas na Bahia. De acordo com Smill (2002), 16% da composição de proteína é N, o que representa uma média de  $3,88 \text{ kg}$  de N pessoa<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> são consumidos na Bahia (e que também representa 1,34 % da aquisição total de alimentos na Bahia –  $290,426 \text{ kg}$  por pessoa<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>). Os dados coletados nas administrações dos restaurantes indicam que  $642.790,20 \text{ kg ano}^{-1}$  de alimentos foram adquiridos. Deste modo, como 1,34 % dos alimentos adquiridos na Bahia é N, estimou-se que  $8.613,38 \text{ kg N ano}^{-1}$  representa a entrada deste subsistema no campus, pois:



LIMA, R. G. et al.

$$(642.790,20 \text{ kg ano}^{-1}) \times 1,34\% = 8.613,38 \text{ kg N ano}^{-1}$$

### Saídas

Resíduos de alimentos – o somatório da quantidade de resíduos de alimentos descartados anualmente pelos restaurantes do campus totalizou 146.837,15 kg (sendo 111.090,08 kg de resíduos da preparação de alimentos e 35.747,07 kg de resíduos referentes às sobras dos pratos). Do mesmo modo que foi considerado que 1,34% do alimento total adquirido é N, a quantidade de N presente neste resíduo é de 1.967,61 kg de N ano<sup>-1</sup>, pois:

$$(146.837,15 \text{ kg ano}^{-1}) \times (1,34\%) = 1.967,61 \text{ kg de N ano}^{-1}$$

Efluentes – Subtraindo a quantidade de alimentos adquiridos da quantidade desperdiçada de alimentos totalizou 495.953,05 kg ano<sup>-1</sup> de alimentos que são ingeridos no campus. Do mesmo modo que 1,34% do alimento adquirido é composto por N, entende-se que 6.646,77 kg N ano<sup>-1</sup> são ingeridos no campus. De acordo com Baker et al., 2001, 90% de nitrogênio consumido na dieta é excretada e eliminados no sistema de esgoto, logo, **5.981,19 kg N ano<sup>-1</sup>** seguem para o sistema de esgoto, pois:

$$(6.645,77 \text{ kg N ano}^{-1}) \times (90\%) = \mathbf{5.981,19 \text{ kg N ano}^{-1}}$$

As entradas e saídas desse subsistema estão sintetizadas na tabela 3.

Entrada	kg N ano <sup>-1</sup>	Saídas	kg N ano <sup>-1</sup>
Alimento Humano	8.613,38	Resíduos de alimentos	1.967,61
		Efluentes	5.981,19
<b>TOTAL</b>	<b>8.613,38</b>		<b>7.948,80</b>

**Tabela 3.** Fluxos do subsistema de metabolismo humano.

Fonte: Elaborado pelos autores (2017).

### 3.3 Subsistema de paisagem

#### Entradas

Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN) – De acordo com Filoso et al., 2006, a FBN da Mata Atlântica brasileira é de 21,6 kg N ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. A área verde do campus é caracterizada pela presença de Mata Atlântica introduzida que totaliza uma área de 14 ha. Desse modo, FBN total campus é **302,40 kg N ano<sup>-1</sup>**, pois:

$$(21,6 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}) \times (14 \text{ ha}) = \mathbf{302,40 \text{ kg N ano}^{-1}}$$

Deposição atmosférica de nitrogênio – De acordo com Filoso et al., 2006, as espécies reativas de nitrogênio que compõem a deposição atmosférica são NO<sub>y</sub> (NO<sub>x</sub> (NO + NO<sub>2</sub>) + outras espécies simples com um átomo de O) + NH<sub>x</sub> (NH<sub>3</sub> + NH<sub>4</sub><sup>+</sup>).

Para a área de estudo, a deposição média de NO<sub>y</sub> é de 0,75 kg NO<sub>y</sub> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> e a deposição média de NH<sub>x</sub> é de 1,75 kg NH<sub>x</sub> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. Logo, tem-se que a deposição de N para área de estudo é (0,75 kg NO<sub>y</sub> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> x 14/46) + (1,75 kg NH<sub>x</sub> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> x 14/18) => 0,22 + 1,36 => 1,59 kg N ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>.

Uma vez que a área total do Campus Ondina é de 45 há, logo, tem-se que:

$$(1,59 \text{ kg N ha}) \times (45 \text{ ha}) = \mathbf{71,55 \text{ Kg N ano}^{-1}}$$
 são depositados pela atmosfera.

LIMA, R. G. et al.

**Saídas**

Resíduos de jardinagem – cerca de 100 m<sup>3</sup> de resíduos de jardim (poda de galhos, troncos, grama, folhas, etc.) são coletados por mês. Após sete medições de 200 l sacos cheios com aproximadamente 3/4 do seu volume total (150 l), com resíduos de jardim, um peso médio de 11 ± 0,82 kg foi obtido. Em seguida, determinou-se que a densidade aproximada de resíduos de jardim é 73,3 kg (m<sup>3</sup>)<sup>-1</sup>. Portanto, os 100 m<sup>3</sup> de resíduos por mês representam 87.960 kg ano<sup>-1</sup> de resíduos de jardim. De acordo com Epstein (1965), a percentagem média de N em plantas é de 1,5%, de modo que a quantidade estimada de N presente nesses resíduos é de **1.319 kg N ano<sup>-1</sup>**, pois:

$$(87.960 \text{ kg ano}^{-1}) \times (1,5\% \text{ N}) = \mathbf{1.319,40 \text{ kg N ano}^{-1}}$$

*Run off* – É considerado o escoamento da deposição atmosférica de nitrogênio em áreas urbanas em que o N depositado é drenado através da água da chuva. Logo, tem-se que:

(Deposição atmosférica de N 1,59 kg N ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>) x (31 ha, área urbana do campus), estimou-se que **49,3 kg N ano<sup>-1</sup>** são drenados pelo escoamento neste campus.

A tabela 4 apresenta os fluxos desse subsistema.

Entradas	Kg N ano <sup>-1</sup>	Saídas	Kg N ano <sup>-1</sup>
FBN	302,40	Resíduos de jardinagem	1.319,40
Deposição atmosférica de N	71,55	Run off	49,30
<b>TOTAL</b>	<b>302</b>		<b>1.319</b>

**Tabela 4.** Fluxos do subsistema de paisagem.

Fonte: Elaborado pelos autores (2017).

Cabe mencionar que as entradas de N neste subsistema são menores que as saídas devido à ausência de métodos para calcular quantidades de N capturado pelas plantas, a exemplo do N que é absorvido da decomposição da matéria orgânica no solo. Além disso, a elevada quantidade de produção de N derivada de resíduos de jardim pode ser explicada pela redução da área verde que ocorreu de 2009 a 2012, devido aos projetos de expansão da universidade. Desse modo, uma grande percentagem de floresta natural que costumava crescer e fixar o nitrogênio ao longo de muitos anos foi retirada.

Na tabela 5, observa-se uma síntese dos fluxos das emissões do campus bem como seu somatório.

Fontes de emissões (UFBA)	Kg N ano <sup>-1</sup>
Transporte – carros oficiais	43,97
Escoamento superficial ( <i>Run off</i> )	49,30
Deposição atmosférica	71,55
FBN	302,40
Energia	499,00
Transporte – carros particulares, vans	504,21
Resíduos das áreas verdes	1.319,40
Resíduos dos alimentos	1.967,61
<b>Efluente dos alimentos</b>	<b>5.981,19</b>
<b>Alimentos do campus</b>	<b>8.613,38</b>
<b>Transporte – ônibus</b>	<b>17.551,49</b>
<b>Transporte – aviões</b>	<b>59.049,63</b>
<b>TOTAL</b>	<b>95.953,13</b>

**Tabela 5.** Total das emissões do Campus Ondina.

Fonte: Elaborado pelos autores (2017).

LIMA, R. G. et al.

De acordo com a tabela 6, observam-se listadas em ordem crescente as quatro maiores emissões, bem como sua representatividade em relação ao total das emissões estimadas, onde é possível observar que somente o **transporte realizado pelos usuários dos aviões representa cerca de 60% de toda a emissão estimada pelo campus**. Ao considerar essa e as emissões referentes ao transporte de ônibus, alimentos do campus, ao efluente dos alimentos, juntas totalizam cerca de 95% do total estimado no campus. No caso desse campus, é de fundamental importância a adoção de medidas efetivas direcionadas à minimização da geração de N, tendo em vista estas quatro maiores emissões.

Efluente dos alimentos	(Saída)	5.981,19	6,23%
Alimentos do campus	(Entrada)	8.613,38	8,97%
Transporte – ônibus	(Saída)	17.551,49	18,29%
Transporte – aviões	(Saída)	59.049,63	61,54%
<b>Representatividade das maiores emissões do campus</b>		<b>91.195,69</b>	<b>95,03%</b>

Tabela 6. Representatividade das maiores emissões do Campus Ondina.

Fonte: Elaborado pelos autores 2017.

### 3.4 Nível de qualidade da informação

Os diferentes setores da administração da universidade apresentam dados de baixa, média e alta confiabilidade nas diversas entradas e saídas estimadas. Na tabela 7 observa-se o grau de confiabilidade dos dados obtidos em cada subsistema estudado.

Fonte		Kg N ano <sup>-1</sup>	Confiabilidade
<b>Subsistema de Atividades Humanas</b>			
Saídas	Energia	499,30	Alta
	Transporte – carros	504,21	Baixa
	Transporte – ônibus	17.551,49	Baixa
	Transporte – carros oficiais	43,97	Alta
	Aeronaves	59.049,63	Moderada
<b>Subsistema de metabolismo humano</b>			
Entradas	Alimento Humano	8.613,38	Alta
Saídas	Resíduos orgânicos	1.967,61	Alta
	Efluentes	5.981,19	Moderada
<b>Subsistema de Paisagem</b>			
Entradas	FBN	302,40	Baixa
	Deposição atmosférica de N	71,55	Moderada
Saídas	Resíduos orgânicos	1.319,40	Alta
	Run off	49,30	Moderada

Tabela 7. Nível de confiabilidade da informação.

Fonte: Elaborado pelos autores 2017.

### 3.5 Implicações para sustentabilidade

Alguns aspectos identificados neste trabalho são importantes para uma discussão sobre o impacto do campus no meio ambiente. O desperdício de alimentos, a supressão da vegetação para a expansão da universidade e o aumento do uso de energia (no Brasil a utilização de termelétrica está a aumentar devido a condições de seca que afetam a hidrelétrica) são exemplos de fatos que estão ocorrendo no campus que contribui negativamente para a meio ambiente. A redução das áreas verdes promove e potencializa alguns impactos, tais como a redução da macrodrenagem da água de inun-

LIMA, R. G. et al.

dação promovendo ao campus, a redução da biodiversidade, a redução de N e fixação de carbono, o aumento da poluição sonora pelas construções e urbanização do campus, o aumento da temperatura, etc. a utilização de transportes para atender comunidade do campus tem também um impacto significativo sobre o meio ambiente. A falta de ciclovias, a ausência de metrô, a insegurança da cidade e a ausência de alternativa de mobilidade pública urbana contribuem para o aumento do número de pessoas que usam carros a cada dia na cidade de Salvador.

Os resultados apresentados são essenciais para a análise das fontes de emissão de N e possível redução destas no campus. Para atingir as metas de redução, sugere-se a seguir algumas ações preventivas, utilizando conceitos e métodos de tecnologias limpas e ecologia industrial para cada subsistema:

#### Subsistema de Atividades Humanas

- A substituição de parte da eletricidade usada no campus por outra fonte de energia mais limpa (como a energia solar); a melhoria das estruturas de edifícios, a fim de promover uma maior ventilação e iluminação natural evitando o uso de equipamentos que consomem energia (ar condicionado, lâmpadas etc.); a aquisição de equipamentos e acessórios que consomem menos energia;
- Incentivar o uso de transporte público (ônibus) ou bicicletas pela comunidade acadêmica (quando é possível, uma vez que é evidente o problema da mobilidade urbana desta cidade) com o objetivo de reduzir significativamente as emissões de N<sub>r</sub> de transporte.
- Reduzir no que for possível as viagens aéreas, incentivando o uso de ônibus para viagens a nível nacional e nos países vizinhos.

#### Subsistema Metabolismo Humano

- Promover a segregação, tratamento, armazenamento e aplicação da urina humana gerada no campus, a fim de usar seu nitrogênio como fertilizante nas áreas verdes do campus, ou fornecê-la como um insumo agrícola fora do campus;
- Reduzir o descarte de resíduos de alimentos através de métodos de compostagem.

#### Subsistema de Paisagem

- No paisagismo campus, priorizar a introdução de espécies nativas. Em alguns casos, quando se busca a recuperação de solos degradados, é importante introduzir espécies de crescimento precoce, pois capturam mais carbono e nitrogênio, a fim de promover mais a fertilidade do solo.
- Reduzir o descarte de resíduos de jardim através de métodos de compostagem.
- Evitar a devastação área verde para preservar a biodiversidade e preservar a estrutura do solo e seus processos associados.

Um exemplo positivo para a sustentabilidade da Universidade Federal da Bahia é o programa AGUAPURA que foi implementado para reduzir o consumo de água. De acordo com o banco de dados, o laboratório responsável pela gestão do programa, antes de sua instalação, o consumo de água variou entre 20.000 e 35.000 m<sup>3</sup> mês<sup>-1</sup> entre os anos de 2001 e 2004. No início do programa, em



LIMA, R. G. et al.

2001, o consumo diminuiu para uma média de 23.000 m<sup>3</sup>/mês. Em 2007, o consumo foi reduzido para 17.000 m<sup>3</sup> mês<sup>-1</sup> e, em 2008, diminuiu para aproximadamente 13.000 m<sup>3</sup> mês<sup>-1</sup>. O sucesso deste programa permitiu uma grande redução de recursos financeiros e ambientais através do uso sustentável da água na Universidade. Programas dessa natureza são fundamentais para o incentivo e o surgimento de novas práticas de educação ambiental na sociedade.

## CONCLUSÕES

Este estudo teve como objetivo estimar e identificar as emissões de N no Campus de Ondina da Universidade Federal da Bahia.

Estima-se que exista um fluxo de N em cerca de 90.000 kg N ano<sup>-1</sup> no campus, onde a maior representatividade se dá pelos voos demandados pelo campus, que representa mais de 60% das emissões.

Através deste estudo, foi possível analisar muitos aspectos ambientais intrinsecamente ligados às atividades do campus, tais como o consumo de energia, transporte, práticas de jardinagem, consumo de alimentos, geração de efluentes e outros aspectos responsáveis por impactos ambientais no campus.

O caminho para a sustentabilidade exige numerosos esforços que vão além da avaliação do fluxo de N no campus. Outra análise fundamental a ser realizada seria estudar os fluxos de carbono para identificar outros aspectos e impactos do campus sobre o meio ambiente.

A fim de implementar práticas mais sustentáveis nas universidades, deve ser adotado o uso de tecnologias limpas (métodos preventivos) para reduzir a intensidade de cada entrada e saída de fluxos de N<sub>r</sub> no campus.

LIMA, R. G. et al.

## REFERÊNCIAS

- AIRBUS. A321 **Aircraft**: A321 Range, Specifications (dimensions, seating capacity, performance), Cabin. 2012. Disponível em: . Acesso em 20 jan. 2014.
- BAKER L.; HOPE D.; XU Y.; EDMONDS J.; LAUVER L. Nitrogen balance for the Central Arizona–Phoenix (CAP) ecosystem. **Ecosystems**. v. 4, p. 582-602, 2001.
- BOEING. Technical Characteristics – Boeing 777-200LR and 777-300ER. (2012). Disponível em: <[http://www.boeing.com/commercial/777family/pf/pf\\_lrproduct.html](http://www.boeing.com/commercial/777family/pf/pf_lrproduct.html)>. Acesso em 20 jan. 2014.
- ECOINVENT. **Database of Swiss Life Cycle Inventories**. Ecoinvent database v2.2. (2009). Disponível em: <[www.ecoinvent.org](http://www.ecoinvent.org)>, acesso em 14 mar. 2014.
- EPSTEIN, E. **Mineral Metabolism**. Plant Biochemistry, ed. J. Bonner, J. E. Varner, v 438 n 68. New York: Academic. 1054 p., 1965.
- ERISMAN J. W.; BLEEKER, A.; GALLOWAY J.; SUTTON, M.S. Reduced nitrogen in ecology and the environment. **Environmental Pollution**, v. 150, p.140-149, 2007.
- ERISMAN J.W.; GALLOWAY J.N.; SEITZINGER, S.; BLEEKER, A.; DISE, N.B.; PETRESCU, A.M.R.; LEACH, A.M.; DE VRIES, W. Consequences of human modification of the global nitrogen cycle. **Phil Trans R Soc B**. v. 368, p. 01-16, 2013.
- FILOSO, S.; MARTINELLI, L. A.; HOWARTH, R. W.; BOYER, E. W.; DENTENER. F. **Human activities changing the nitrogen cycle in Brazil, Biogeochemistry**. Nitrogen cycling in the Americas: Natural and Anthropogenic Influences and Controls, p. 61-89, 2006.
- GALLOWAY, J.N.; ABER, J. D.; ERISMAN, J. W.; SEITZINGER, S. P.; HOWARTH, R. W.; COWLING, E. B.; COSBY, B. J. The Nitrogen Cascade. **BioScience**, v. 53, n. 4, 2003.
- GALLOWAY, J. N.; DENTENER, F.J.; CAPONE, D.G.; BOYER, E.W.; HOWARTH, R.W.; SEITZINGER, S.P.; ASNER, G.P.; CLEVELAND, C.C.; GREEN, P.A.; HOLLAND, E.A.; KARL, D.M.; MICHAELS, A.F.; PORTER, J.H.; TOWNSEND, A.R.; VOROSMARTY, C. J. Nitrogen cycles: past, present, and future. **Biogeochemistry**, v 70. p.153-226, 2004.
- GALLOWAY, J.N.; WINIWARTER, W.; LEIP, A.; LEACH, A. M.; BLEEKER, A.; ERISMAN, J. W. Nitrogen footprints: past, present and future. **Environmental Research**. v. 9, n. 11, 2014.
- IBGE. Tabela 2393 – **Aquisição anual de alimento por pessoa, por grupos e produtos**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2010). Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pof/2008\\_2009\\_aquisicao/pof20082009\\_aquisicao.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pof/2008_2009_aquisicao/pof20082009_aquisicao.pdf)>. Acesso em 12 jan. 2014.
- LEACH, A. M.; MAJIDI, A.N.; GALLOWAY, J.N.; GREENE, A.J. Toward Institutional Sustainability: A Nitrogen Footprint Model for a University. **Research and Solutions**. v. 6, n. 4, 2013.
- MMA. **Primeiro inventário nacional de emissões atmosféricas por veículos automotores rodoviários**. Environmental Ministry. (2011). Disponível em: <[http://www.cntdespoluir.org.br/Downloads/Inventario\\_22\\_03.pdf](http://www.cntdespoluir.org.br/Downloads/Inventario_22_03.pdf)>. Acesso em 6 out. 2014.
- MCT. **Emissões de gases de efeito estufa no transporte rodoviário**. Segundo Inventário Brasileiro de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa. Ministério de Ciência e Tecnologia. (2010). Disponível em: <<http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/310922.html>>. Acesso em 10 out. 2014.
- ROCKSTROM, J.; STEFFEN, W.; NOONE, K.; PERSSON, A.; CHAPIN, III F. S.; LAMBIN, E.;

LIMA, R. G. et al.

LENTON, T. M.; SCHEFFER, M.; FOLKE, C.; SCHELLNHUBER, H.; NYKVIST, B.; DE WIT, C. A.; HUGHES, T.; VAN DER LEEUW, S.; RODHE, H.; SORLIN, S.; SNYDER, P. K.; COSTANZA, R.; SVEDIN, U.; FALKENMARK, M.; KARLBERG, L.; CORELL, R. W.; FABRY, V. J.; HANSEN, J.; WALKER, B.; LIVERMAN, D.; RICHARDSON, K.; CRUTZEN, P.; FOLEY, J. Planetary Boundaries: Exploring the safe operating space for humanity. **Ecology and society Journal** v 14. n 2, 2009.

SAVANICK, S.; BAKER, L.; PERRY, J. Case study for evaluating campus sustainability: nitrogen balance for the University of Minnesota. **Urban Ecosystems**, v. 10. p.119-137, 2007.

SMIL, V. Nitrogen and food production: proteins for human diets. **Ambio**, v. 31, n. 2, p. 126-131, 2002.

STEFFEN, W.; RICHARDSON, K.; ROCKSTRÖM, J.; CORNELL, S.E.; FETZER, I.; BENNETT, E. M.; BIGGS, R.; CARPENTER, S.R.; DE VRIES, W.; DE WIT, C.A.; FOLKE, C.; GERTEN, D.; HEINKE, J.; MACE, G.M.; PERSSON, L.M.; RAMANATHAN, V.; REYERS, B.; SÖRLIN, S. Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. **Science** v. 347, 2015.

TAM Airlines. **TAM Airlines Fleet**. (2012). Disponível em: <<http://www.tam.com.br/b2c/vgn/v/index.jsp?vgnextoid=bb2f8c2d83874210VgnVCM1000000b61990aRCRD>>. Acesso em 18 jan. 2014.

TRANSALVADOR. **Linhas de ônibus**. (2011). Disponível em: <<http://www.transalvador.salvador.ba.gov.br/transporte/categorias/onibus/linhas.php>>. Acesso em 10 out. 2012.

UMACS. **Sustainability organizations in higher education**. Upper midwest association for campus sustainability. (2013). Disponível em: <<http://www.umacs.org/sustainability-organizations-higher-education>>. Acesso em 25 abr. 2014

UNEP. **Emerging issues update**: Excess Nitrogen in the Environment, 2014.

UNICAMP. **Tabela brasileira de composição de alimentos**. Universidade de Campinas. (2006). Disponível em:<[http://www.unicamp.br/nepa/taco/contar/taco\\_versao2.pdf](http://www.unicamp.br/nepa/taco/contar/taco_versao2.pdf)>. Acesso em 20 abr. 2014.