



## ANÁLISE DO ÍNDICE DE PEGADAS AMBIENTAIS INTEGRADAS (IPAI): UM ESTUDO EXPLORATÓRIO COM OS ALUNOS DA UFCG

Robson Fernandes Barbosa, UFCG, robson.fernandes@professor.ufcg.edu.br  
Kamila Souza Santos, UFCG, kamilasouza182@gmail.com  
Daniel Bovo Lacerda Arnaud Mendes, UFCG, danielbovo@gmail.com  
Guilherme Nascimento Araujo, UFCG, guilherme.nascimento@estudante.ufcg.edu.br  
Suzana Raquel de Freitas Sales, UFCG, suzana.raquel@estudante.ufcg.edu.br  
João Cavalcanti Neto, UFCG, joao.cavalcanti@estudante.ufcg.edu.br

### Resumo

A problemática que envolve a sustentabilidade do planeta é fator preocupante para humanidade, uma vez que a capacidade do ambiente suportar impactos decorrentes das ações humanas está se esgotando. Assim, estudar a sustentabilidade - por meio das ferramentas de gestão - é relevante, na medida em que colabora para reduzir impactos sobre a natureza e promove o desenvolvimento sustentável. O objetivo deste artigo é analisar o Índice de Pegadas Ambientais Integradas (IPAI) dos alunos da UFCG, a fim de entender o comportamento de consumo e percepção sobre a sustentabilidade do planeta. Este índice mensura a pressão sobre os recursos naturais a partir de itens específicos de consumo utilizando os métodos das Pegadas Hídricas, Ecológicas e de Carbono. A pesquisa realizada é exploratória e descritiva, orientada por estudo de caso, utilizando dados primários por meio da aplicação de questionário. Os resultados apontaram que a média do IPAI foi de 0,75, sendo classificado como um estado crítico de sustentabilidade, sendo assim, há uma necessidade urgente de conscientização e mudança em padrões de consumo para possibilitar a desejada sustentabilidade do planeta terra.

**Palavras-chave:** sustentabilidade, meio ambiente, Índice de Pegadas Ambientais Integradas.

### 1. Introdução

A relação Sociedade-Natureza, ao longo do processo histórico, tem se desenvolvido por meio da relação exploratória, na qual a primeira se apropria sobre a segunda, buscando subsidiar as suas satisfações, necessidades e desejos. Assim, tem-se enquanto resultado desta relação, a intensiva produção de externalidades ambientais (positivas e negativas), gerando em alguns casos, rupturas e alterações irreversíveis nos ciclos ecossistêmicos.

A apropriação da natureza pelo ser humano tem gerado impactos negativos ao meio ambiente físico com danos muitas vezes irreversíveis. Dornelles (2006) afirma que o ser humano, com o objetivo de atender suas necessidades, tem intervido nos recursos naturais, promovendo acentuadas modificações espaciais ao longo do tempo, comprometendo a sustentabilidade e a existência do próprio homem. Para identificar se um sistema é sustentável ou não, se faz necessário o uso de indicadores. Apesar de existir vários conceitos de indicadores, Bellen (2006) afirma que os indicadores de sustentabilidade são componentes da avaliação do



processo em relação a um desenvolvimento dito sustentável, em que a utilização desses indicadores deverá ocorrer em função da sua disponibilidade e custo de obtenção.

A partir disso, torna-se relevante a existência de instrumentos para simplificar, quantificar e analisar informações perante a medição do progresso sob a ótica da sustentabilidade, auxiliando os pesquisadores no planejamento e desenvolvimento de uma sociedade em base sustentável. Assim, os indicadores de sustentabilidade foram criados para sinalizar sobre um problema antes que ele se torne muito grave e indica o que precisa ser feito para resolver tal problema, antes que se torne pior e traga danos irreversíveis para a natureza e o homem.

Nesse sentido, a elaboração de indicadores de sustentabilidade ambiental, contemplando a Pegada Hídrica, Pegada Ecológica e Pegada de Carbono, pode ser uma iniciativa construtiva no estudo do meio ambiente. Assim, várias tentativas têm sido feitas recentemente para desenvolver uma abordagem integrada com essas três pegadas para a avaliação dos impactos ambientais e consumo. (GILJUM et al., 2011; NICCOLUCCI et al., 2010).

Um estudo de Aleixo (2014) propõe um modelo integrado que reúne as diferentes pegadas supracitadas, a fim de se obter um resultado mais sistêmico e abrangente, chamado de Índice de Pegadas Ambientais Integradas (IPAI), não analisando apenas uma variável ambiental, mas um conjunto amplo de elementos da natureza como água, terra e o ar, constituindo uma ferramenta eficiente na avaliação do grau de sustentabilidade ambiental de indivíduos e/ou comunidades.

Dessa forma, o presente artigo tem como objetivo analisar o Índice de Pegadas Ambientais Integradas (IPAI) dos alunos do curso de graduação em Engenharia Agrícola e da pós-graduação em Recursos Naturais da UFCG, a fim de entender o comportamento de consumo e a percepção desses indivíduos em relação à sustentabilidade do planeta, tendo em vista que a capacidade do ambiente suportar impactos decorrentes das ações humanas está se esgotando.

Assim, estudar a sustentabilidade - por meio das ferramentas de gestão - é relevante, na medida em que colabora para reduzir impactos sobre a natureza e promove o desenvolvimento sustentável. Trata-se de uma pesquisa exploratória e descritiva que se utilizou de um questionário integrado, contemplando as Pegadas Hídrica, Ecológica e de Carbono como instrumentos de coleta de dados.

## **2. Fundamentação teórica**

### **2.1. Indicadores de Sustentabilidade**

Estabelecer indicadores de sustentabilidade com critérios e objetivos pré-definidos, facilita entender se uma determinada sociedade está no caminho do desenvolvimento sustentável ou não. Mas, como não existem modelos para análise da sustentabilidade municipal, foi necessária a criação de um sistema de indicadores que suprisse essa carência, pois os vários sistemas de indicadores de sustentabilidade fornecem informações para países ou para aspectos pontuais da sustentabilidade.



A ideia de desenvolver indicadores de sustentabilidade surgiu na Conferência Mundial sobre o Meio Ambiente (Rio-92), conforme registra seu documento final, a Agenda 21. A proposta era definir padrões sustentáveis de desenvolvimento que considerassem aspectos ambientais, econômicos, sociais, éticos e culturais. Para isso, tornou-se necessário definir indicadores que a mensurassem, monitorassem e avaliassem. Um indicador permite a obtenção de informações sobre uma dada realidade (Mitchell, 1997), podendo sintetizar um conjunto complexo de informações e servir como um instrumento de previsão.

Um indicador, segundo Abbot e Guijt (1999), é algo que auxilia a transmitir um conjunto de informações sobre complexos processos, eventos ou tendências. Beaudoux et al. (1993) afirmam que os indicadores servem para medir e comparar, sendo ferramentas que auxiliam na tomada de decisões e não métodos. O Indicador é uma régua ou um padrão que nos ajuda a medir, avaliar ou demonstrar variações em alguma dimensão da realidade que consideramos relevante para os objetivos de um determinado projeto (ARMANI, 2001, p.58).

Assim, os indicadores são instrumentos essenciais para o alcance do desenvolvimento sustentável, servindo para guiar a ação e subsidiar o acompanhamento e a avaliação do progresso, a partir das ferramentas constituídas por uma ou mais variáveis que, associadas mediante diversas formas, revelam significados mais amplos sobre os fenômenos. O objetivo principal do indicador consiste em agregar e quantificar informações ressaltando sua significância, visando melhorar o processo de comunicação e entendimento dos fenômenos complexos (VAN BELLEN, 2005).

Mas o simples fato de estabelecer indicadores aleatoriamente não quer dizer que será alcançada a sustentabilidade. Surge daí a seguinte indagação: como afirmar que uma sociedade está no caminho do desenvolvimento sustentável? Para isso, são necessários indicadores apropriados cuja elaboração é essencial para a implementação de processos de desenvolvimento em bases sustentáveis. A informação tem um papel altamente relevante nesse contexto.

Já para Hammond (1995), os indicadores são uma ferramenta eficaz na medida em que transmitem informações sobre as variáveis do desenvolvimento sustentável. O autor sustenta que os indicadores informam mais do que o que realmente está sendo mensurado, uma vez que podem dar pistas para temas mais importantes ou tornar perceptível uma tendência ou fenômeno não detectável imediatamente.

## 2.2. Tipos de pegadas

### 2.2.1. Pegada Hídrica

O crescimento rápido da população mundial e o grande consumo de energia nas últimas décadas mudaram a forma do uso dos recursos naturais na terra (HOEKSTRA, 2008). Desse modo, surge o conceito da PH para determinar o tamanho da pegada humana que o planeta pode suportar. A PH de um indivíduo ou comunidade é definida pelo volume total de água doce, que é usada para produzir bens e serviços consumidos pelo indivíduo ou comunidade (HOEKSTRA & CHAPAGAIN, 2007b). O conceito de PH tem sido introduzido na comunidade científica a



fim de demonstrar a importância da gestão da água. Nos dias atuais, a água doce tem se tornado um recurso global desejado em função do crescente comércio internacional cujo processo produtivo faz uso intenso de água, como em grãos, fibras e bioenergia (HOEKSTRA; CHAPAGAIN, 2007).

A Pegada Hídrica (PH) de um produto, bem ou serviço, é igual ao volume de água doce utilizado no processo de produção daquele bem no local onde foi utilizado, dentro e/ou fora do território nacional. Os resultados geralmente são expressos em  $m^3$ /ano ou  $m^3$ /per capita/ano. O conceito de PH contempla a informação baseada no conceito de água virtual e demonstra a quantidade real de água necessária para satisfazer e sustentar a necessidade humana (HOEKSTRA et al., 2011).

A PH pode ser calculada para qualquer grupo de consumidores, assim como para uma atividade específica, bem ou serviço, sendo ela expressa em termos de volume de água doce por ano. Assim, a pegada de um indivíduo ou comunidade pode ser estimada pelo total de água utilizado na produção de bens e serviços relacionados a certo padrão de consumo tendo sido utilizado, dentro e/ou fora do território nacional (HOEKSTRA & CHAPAGAIN, 2008).

A PH média global é de  $1.230 m^3$  por pessoa por ano. Os fatores que influenciam diretamente na pegada hídrica são: o volume do consumo, padrão de consumo (considerando o alto e baixo consumo de carne), práticas agrícolas e fatores climáticos (HOESKSTRA et al., 2008).

A Pegada Hídrica oferece uma melhor e mais ampla perspectiva acerca da utilização de sistemas de água doce por parte dos produtores e consumidores, apresentando-se como uma medida volumétrica do consumo de água e níveis de poluição. O impacto ambiental causado na localidade proporcionado pelo consumo de água e nível de poluição depende da vulnerabilidade do sistema de água da localidade, bem como do número de consumidores e agentes poluidores que utilizam diretamente desse mesmo sistema. Os cálculos da Pegada Hídrica conduzem a discussões acerca da sustentabilidade e equidade do uso da água, bem como do seu processo de distribuição, proporcionando também uma boa base para avaliação dos impactos ambientais causados na localidade, quer seja em relação aos aspectos ambientais, sociais e econômicos (ERCIN et al., 2011)

### 2.2.2. Pegada Ecológica

Na década de 1990, surgiu o conceito de Pegada Ecológica como sendo a determinação da área de terra necessária para suprir as necessidades de uma dada população, sem que exista prejuízo ao ecossistema, levando em consideração a área necessária para se atender um sistema populacional urbano, a partir dos níveis de consumo, do desenvolvimento de novas tecnologias, da importação e exportação de produtos, da eliminação de espécies concorrentes, da eficiência da produção e da administração dos recursos naturais (MARACAJÁ & CARVALHO, 2010).

No ano de 1972, após a Conferência das Nações Unidas (ONU), surgiu a apreensão com o desenvolvimento sustentável da maneira que as pessoas possam aproveitar os recursos



naturais hoje e no futuro próximo por meio do consumo. Nesse cenário, foi sugerido um modelo de desenvolvimento econômico que buscasse reconhecer os impactos ambientais objetivando a renovação natural dos ecossistemas. Logo, apareceram diversas metodologias para se estimar a sustentabilidade nos seus inúmeros ambientes, sejam elas local, regional, nacional ou mundial, a partir de indicadores ambientais, dentre eles, a Pegada Ecológica (Ecological Footprint Method - EFM).

Dias (2002) definiu a Pegada Ecológica como sendo uma estimativa da quantidade de recursos necessária para produzir, de uma forma continuada, os bens e serviços que consumimos, e eliminar todos os resíduos poluentes que são produzidos, permitindo estimar áreas de terras ou de água produtivas para sustentar a manutenção do sistema.

Em 1996, Rees e Wackernagel inseriram o conceito de Pegada Ecológica (PE) como uma dimensão da área de terra biologicamente produtiva essencial para produzir os recursos renováveis em ligação à forma como os cidadãos consomem e assimilam os resíduos que geram. A Pegada Ecológica global em 2003 foi de 14,1 bilhões de hectares no globo, sendo que mais da metade (52%) em florestas, para a compensação das emissões de CO<sub>2</sub> (HAILS et al., 2009).

O conceito de Pegada Ecológica é definido por ser uma medida relacionada à apropriação humana de áreas produtivas, enquanto que a Pegada Hídrica mede a apropriação dos seres humanos por meio do consumo de água doce do planeta. Ambas as pegadas têm em comum a investigação da consumação humana mediante a utilização dos recursos naturais. Para uma melhor assimilação sobre a medição das duas pegadas, a Pegada Ecológica utiliza o espaço (hectares) e a Pegada Hídrica o uso total de recursos de água doce (m<sup>3</sup>/ano). Estes dois parâmetros devem ser vistos como sendo conexos em se referindo à utilização do capital natural, em ligação ao consumo humano dos recursos naturais (SEIXAS, 2011).

### 2.2.3. Pegada de Carbono

A Pegada de Carbono é uma medida dos impactos causados pelas atividades humanas sobre o meio ambiente, e em particular das mudanças climáticas. Ela mede a quantidade total de emissões de gases que provocam o efeito estufa (GEE), que são diretamente e indiretamente causadas por algum tipo de atividade (de indivíduos, populações, governos, empresas, organizações, processos, setores da indústria, dentre outros) ou ao longo do ciclo de vida do produto (HERTWICH & PETERS, 2009). Efetivamente, a Pegada de Carbono mede a quantidade total de emissões de GEE que são causados diretamente e indiretamente por uma atividade ou são acumulados ao longo dos estágios de vida de um produto. Isso inclui atividades de indivíduos, populações, governos, empresas, organizações, processos, setores da indústria, etc.

Em qualquer caso, todas as fontes devem ser levadas em consideração. Apesar do nome, a Pegada de Carbono não é expressa em termos da área. A quantidade total de gases de efeito estufa é simplesmente medida em unidades de massa (kg, ton, etc.) e nenhuma conversão pode ocorrer para área (ha, m<sup>2</sup>, km<sup>2</sup>, etc). Para conversão em área de terra, seriam necessários pressupostos que aumentariam as incertezas e erros na estimativa da PC.



Para a promoção de neutralização das emissões de GEE, deve-se em primeiro lugar realizar o inventário das suas emissões. Dentre as vantagens proporcionadas, o inventário pode fornecer informações valiosas acerca dos riscos e oportunidades de atuar em uma economia com restrição de carbono. De forma estratégica, tais informações podem ser relevantes para manter a licença de operação da empresa, assegurar sucesso de longo prazo no ambiente competitivo de negócios e estar em conformidade com políticas emergentes nacionais, regionais e internacionais, dirigidas para reduzir as emissões corporativas de GEE (CHANG, 2006). Portanto, o inventário das emissões totais de gases em um processo produtivo de uma empresa constitui-se justamente na “Pegada de Carbono”.

A origem do termo “Pegada de Carbono” é remetida ao conceito de “Pegada Ecológica”, que é um indicador de sustentabilidade ambiental, o qual quantifica os recursos materiais e energéticos que uma determinada população humana necessita para produzir os recursos que consome e para absorver seus resíduos com as tecnologias disponíveis em um determinado intervalo de tempo. Trata-se de uma análise que compara a demanda humana na natureza com a habilidade desta em prover serviços e regenerar-se. A contabilização dos recursos naturais é similar a da Análise de Ciclo de Vida (ACV), porém convertida em uma unidade comum. Dessa forma, o uso de energia, materiais, a pressão sobre a atmosfera e águas, o impacto sobre as florestas e outros fatores são convertidos em uma medida com determinado padrão, em geral, hectares de terra equivalente ou mesmo referindo-se ao Planeta Terra (GOLDEMBERG & LUCON, 2008).

### 3. Metodologia

#### 3.1. Caracterização do estudo

Quanto aos objetivos ou formas de estudo do objeto, caracteriza-se por uma pesquisa do tipo exploratória e descritiva. Exploratória por existir pouca literatura sistematizada em relação ao tema, especialmente voltadas para a pegada hídrica, pegada ecológica e pegada de carbono que, além de proporcionar um olhar mais amplo e habituado com os fatos e os fenômenos, obtém informações mais precisas de esclarecimentos, conhecimentos mais aprofundados sobre o problema pesquisado com vistas a torná-los visíveis e podendo explorar estudos mais recentes sobre a temática (DIEHL, 2004).

Este estudo caracteriza-se, ainda, como descritivo, considerando que ele apresenta as características dos fenômenos, objeto de estudo, pois foi solicitado a um grupo de estudantes seus posicionamentos e percepções sobre aspectos específicos sobre o tema abordado. Sendo assim, foram feitos registros, analisando-os, classificando-os e interpretando os fatos sem a interferência do entrevistado (DIEHL, 2004).

#### 3.2. Instrumento de coleta de dados

A coleta de dados para os cálculos das Pegadas Hídrica, Ecológica e de Carbono foi realizada por meio da aplicação de 20 questionários destinados aos alunos da graduação em Engenharia Agrícola e da pós-graduação em Recursos Naturais da Universidade Federal de



Campina Grande - PB. Os questionários foram aplicados no mês de maio de 2018. Utilizou-se o site da web *Water Footprint Network*, no qual constam as calculadoras das pegadas hídrica, ecológica e de carbono ([waterfootprint.org](http://waterfootprint.org)).

O questionário foi dividido em três partes:

- Enfoque 1, referente à pegada hídrica, com suas variáveis;
- Enfoque 2, referente à pegada ecológica, com suas variáveis;
- Enfoque 3, referente à pegada de carbono, com suas variáveis.

### 3.3. Definição das variáveis de investigação

Esta pesquisa tomou como base (três) dimensões, compreendendo a Pegada Hídrica, envolvendo (três) variáveis; Pegada Ecológica, envolvendo (dezessete) variáveis; e Pegada de Carbono, envolvendo (dezesseis) variáveis conforme se apresenta abaixo ([waterfootprint.org](http://waterfootprint.org)):

- Pegada Hídrica: Gênero, consumo de carne e renda bruta por ano;
- Pegada Ecológica: Consumo de carne, consumo de peixe, consumo de leite, derivados do leite e ovos, quantidade de alimentos consumidos que são produzidos no Brasil, valor mensal destinado à compra de roupas e calçados, valor anual destinado à compra de eletrodomésticos, ferramentas de trabalho, incluindo de jardinagem, valor anual destinado à compra de computadores ou equipamentos eletrônicos, valor mensal destinado à compra de jornais, revistas e livros, quantidade de papel e vidro consumido e é separado para reciclagem, quantidade de pessoas que residem em sua casa, quantidade de área da residência, uso de lâmpadas econômicas na residência, percentagem de energia elétrica que usa e provém de recursos renováveis, consumo médio de energia elétrica na sua residência por mês, distância média percorrida como motorista ou passageiro por semana, distância média percorrida em transporte público por semana, total de horas de voo por ano;
- Pegada de Carbono: Quantidade de pessoas que residem em sua casa, consumo médio de energia elétrica, consumo médio de gás de cozinha, total de horas de voo por ano, quantidade de veículo próprio, uso de transporte público, consumo de carne, consumo de produtos orgânicos, consumo de alimentos de época, consumo de alimentos importados, consumo de roupas, consumo de embalagens, consumo de móveis e aparelhos elétricos, produtos consumidos destinados à reciclagem, destinação do tempo livre, uso de serviços financeiros de outro tipo.

### 3.4. Modelo de sustentabilidade ambiental integrado

Com base nos dados coletados de 20 alunos de pós-graduação da Universidade Federal de Campina Grande - Paraíba, foi possível avaliar a Pegada Hídrica (PH), Pegada Ecológica (PE) e a Pegada de Carbono (PC) de cada um. Dessa forma, se propôs neste trabalho aplicar o modelo IPAI (Índice de Pegadas Ambientais Integradas), que integra todos os impactos que uma pessoa pode provocar no meio ambiente. Esse modelo utiliza a família das pegadas ambientais, integrando o consumo de água doce (PH), a extensão de área territorial que uma

peessoa ou toda uma sociedade utiliza para se sustentar (PE) e a emissão dos gases de efeito estufa (PC) num único índice, pela equação:

$$IPAI_i = \left( \frac{PH_i}{PH_m} \times 0,36 \frac{PE_i}{PE_m} \times 0,35 + \frac{PC_i}{PC_m} \times 0,29 \right) \quad (1)$$

em que  $IPAI_i$  é o índice de sustentabilidade ambiental integrado da comunidade  $i$ ;  $PH_i$ ,  $PE_i$  e  $PC_i$  representam, respectivamente, as médias das pegada hídrica, pegada ecológica e a pegada de carbono da comunidade  $i$ ;  $PH_m$ ,  $PE_m$  e  $PC_m$  (com barras) representam, respectivamente, as médias mundial da pegada hídrica, pegada ecológica e pegada de carbono.

Dessa forma, têm-se:

$IPAI < 1$  = a comunidade  $i$  é ambientalmente sustentável

$IPAI \geq 1$  = a comunidade  $i$  é ambientalmente insustentável

As faixas do IPAI classificadas como sustentável ( $IPAI < 1$ ) e insustentável ( $IPAI \geq 1$ ) foi dividida em cinco níveis de sustentabilidade, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Classificação do IPAI (Índice de Pegadas Ambientais Integradas).

Classificação	Valor do IPAI	Escala de Sustentabilidade
Insustentável	$IPAI \geq 1,0$	
Crítico	$0,80 \leq IPAI < 1,00$	
Alerta	$0,60 \leq IPAI < 0,80$	
Moderadamente aceitável	$0,40 \leq IPAI < 0,60$	
Aceitável	$0,20 \leq IPAI < 0,40$	
Ideal	$0,00 \leq IPAI < 0,20$	

Fonte: Os Autores

O IPAI é então definido como um conjunto de indicadores capaz de expressar a pressão humana sobre o meio ambiente, com o monitoramento da biosfera, atmosfera e hidrosfera, utilizando-se a Pegada de Carbono, Pegada Ecológica e Pegada hídrica. Esse novo índice de sustentabilidade tem uma gama de aplicações, pois pode ser empregado em escalas que vão desde um único produto, um processo, um setor, indivíduos, comunidades, cidades, nações e todo o mundo.

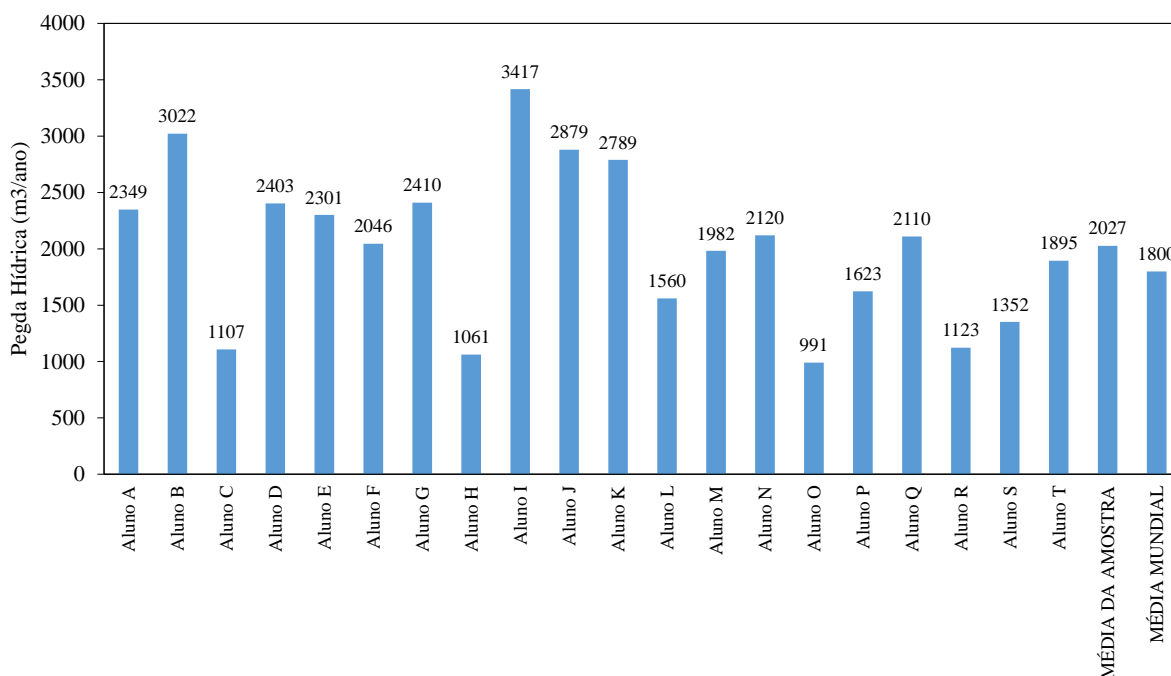




#### 4. Resultados

Considerando os resultados obtidos após imputar as respostas dos questionários nas referidas calculadoras de pegadas, pôde-se observar os seguintes resultados referentes à amostra de alunos:

Gráfico 1. Resultado da Pegada Hídrica de cada aluno da amostra.



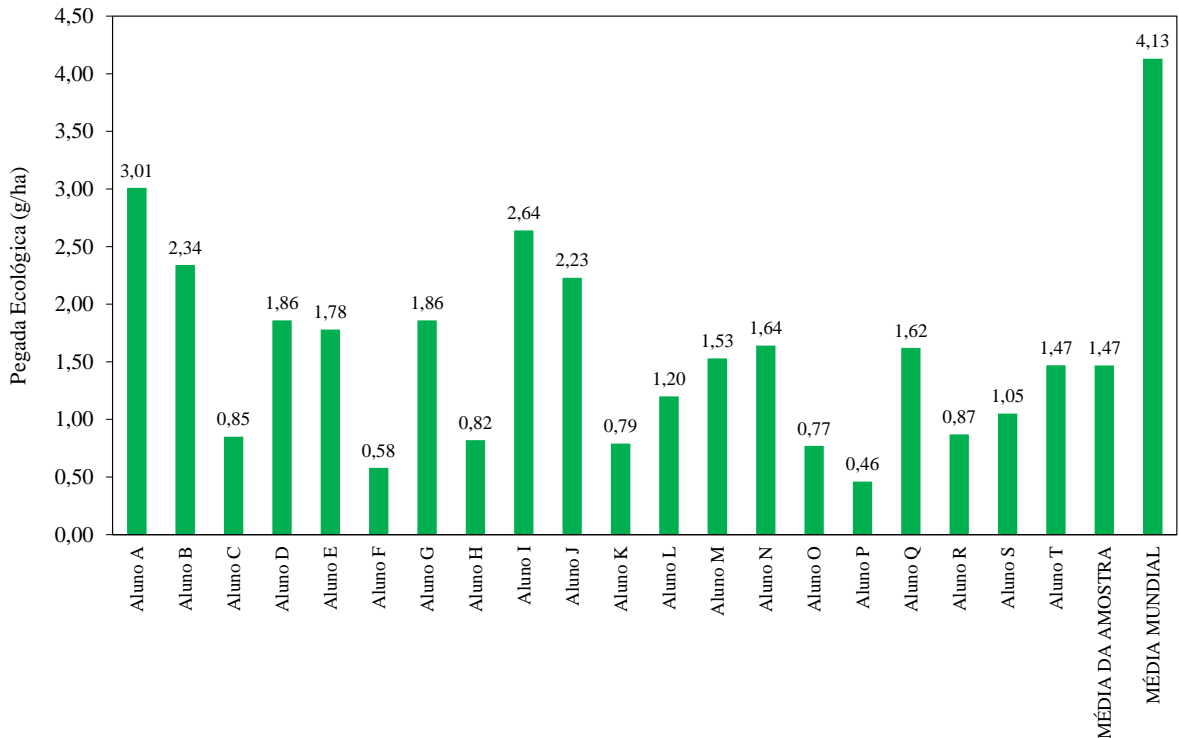
Fonte: Os Autores

Ao analisar a Pegada Hídrica (Gráfico 1), percebeu-se que a média da amostra (destaque), que totaliza 2027 m<sup>3</sup>/ano é cerca de 10% acima da média mundial. Sendo assim, a quantidade média de água individual utilizada pelos alunos terá um forte impacto no resultado final do índice de pegadas ambientais integradas a ser apresentado mais à frente.

A partir das variáveis envolvidas nesta dimensão, a saber: gênero, consumo de carne e renda bruta, pudemos inferir que, alunos de pós-graduação tendem a ter uma renda bruta acima da média, pois, os que trabalham possuem formação avançada e, os que apenas estudam, tendem a receber bolsa de estudos que, inclusive, possibilita serem maiores consumidores, incluindo de carne.

Quanto à Pegada Ecológica (Gráfico 2), notou-se que a média da amostra, 1,47 h/globais, é mais de 50% inferior à média mundial desta dimensão. Se esta pegada fosse o único fator a ser comparado com a média mundial, o resultado final seria extremamente favorável à sustentabilidade do grupo pesquisado. Todavia, o resultado final integrado será afetado principalmente pelas demais dimensões.

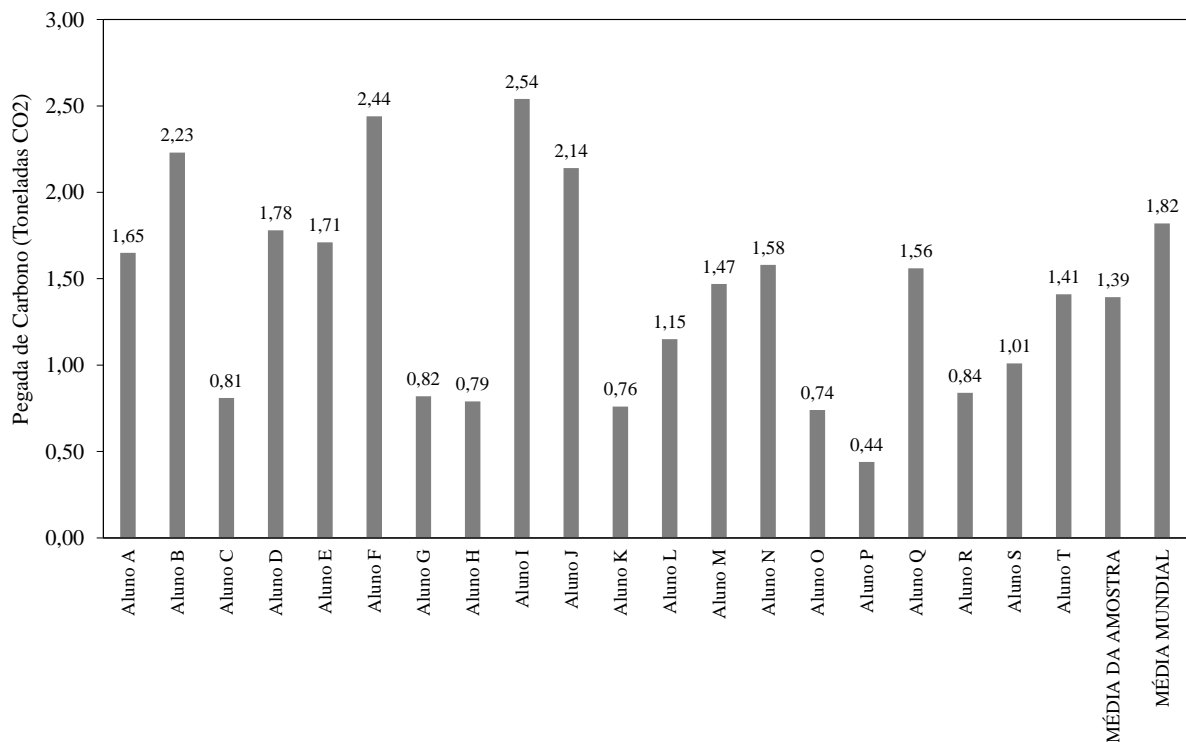
Gráfico 2. Resultado da Pegada Ecológica de cada aluno da amostra.



Fonte: Os Autores

Usando a mesma base de inferência da pegada anterior, ao considerar os fatores que nos fornecem este resultado, percebeu-se que muitas variáveis também são motivadas pelos hábitos de consumo, que poderia proporcionar um crescimento nos números. Todavia, também são apresentadas informações referentes a hábitos de consumos sustentáveis. A partir disto, é possível entender que este grupo já tem feito algumas opções, ainda poucas, por melhores hábitos e que causem menos prejuízos ao planeta.

Gráfico 3. Resultado da Pegada de Carbono de cada aluno da amostra.



Fonte: Os Autores

Ao chegar à terceira dimensão analisada da amostra de alunos, a Pegada de Carbono (Gráfico 3), observou-se que a média da amostra, 1,39 ton/CO<sub>2</sub>, apresenta-se abaixo da média mundial, entretanto, não tão distante quanto na dimensão anterior. Nesta dimensão, também se leva em grande consideração nas variáveis os hábitos de consumo, porém, podendo também apresentar formas de racionalização deste consumo.

Algo interessante a ser ainda observado nos resultados referentes à Pegada de Carbono é que, mesmo com a média da amostra sendo inferior à média mundial, quatro alunos apresentaram resultados bem acima dessa média, possibilitando uma aproximação destas médias com a média da amostra.

Gráfico 4. Índice de Pegadas Ambientais Integradas de cada aluno da amostra.

**IV SUSTENTARE & VII WIPIS**  
**WORKSHOP INTERNACIONAL**  
**Sustentabilidade, Indicadores e Gestão de Recursos Hídricos**  
 de 16 a 18 de novembro de 2022

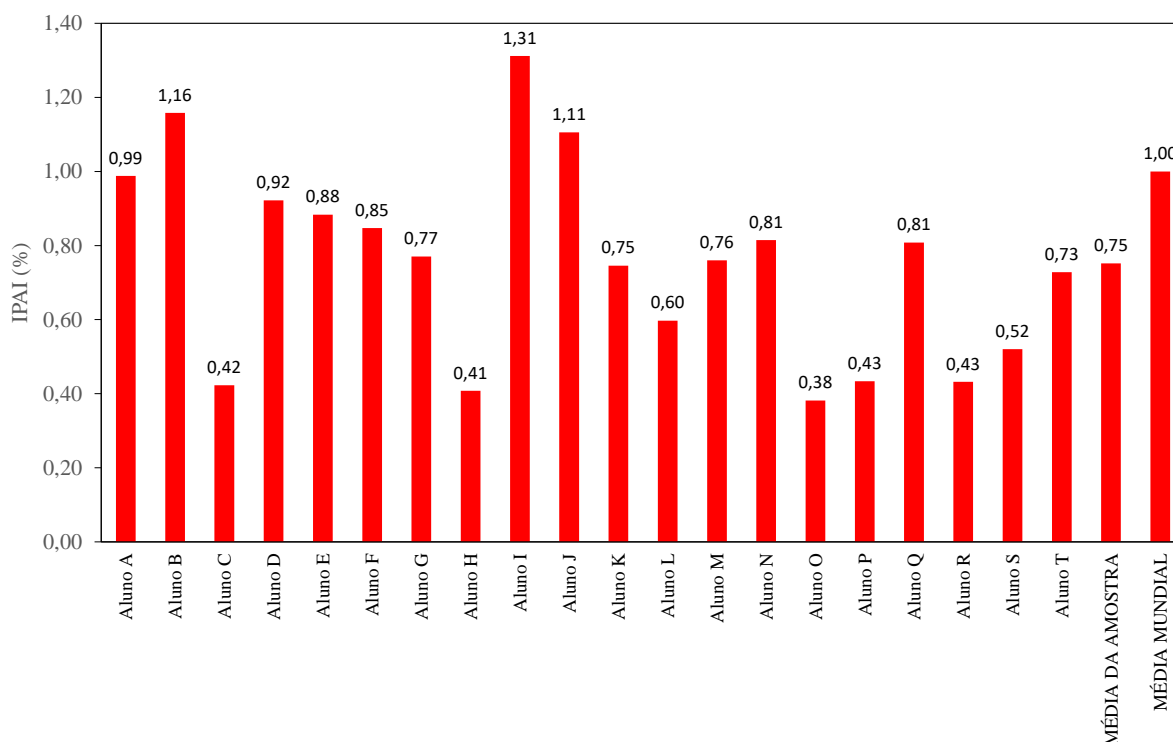
EVENTO GRATUITO TOTALMENTE ONLINE

Realização: SUSTENTARE FURG CAMPUS

WIPES ESCOP

Apoio: Agência das Relações PCJ

COMITÊS PCJ



Fonte: Os Autores

O gráfico 4 obtém o Índice de Pegadas Ambientais Integradas (IPAI), objetivo primário de cálculo do presente trabalho. Conforme apresentado anteriormente, aplica a fórmula definida por ALEIXO (2014) individualmente a cada participante da pesquisa, mas também obtém o IPAI médio da amostra, possibilitando classificar a sustentabilidade individual e média do grupo pesquisado.

As cores do gráfico já estão classificadas conforme definido também pelo autor da fórmula e mencionado anteriormente. A partir então da análise do IPAI médio da amostra de alunos pesquisados, admitimos que, mesmo com o grupo obtendo resultado inferior à média mundial, encontra-se com sua classificação de sustentabilidade amarela, que representa uma situação crítica.

Significa que, mesmo abaixo da média mundial, os alunos participantes da pesquisa não encontram-se em uma situação confortável diante da necessidade iminente de preservação dos recursos naturais do planeta. Para esse grupo de pessoas, há uma necessidade urgente de conscientização e mudança em padrões de consumo para possibilitar a desejada sustentabilidade do planeta terra.

Gráfico 5. Índice de Pegadas Ambientais Integradas de cada aluno da amostra.



# IV SUSTENTARE & VII WIPIS

## WORKSHOP INTERNACIONAL

### Sustentabilidade, Indicadores e Gestão de Recursos Hídricos

de 16 a 18 de novembro de 2022

EVENTO GRATUITO TOTALMENTE ONLINE

Realização:



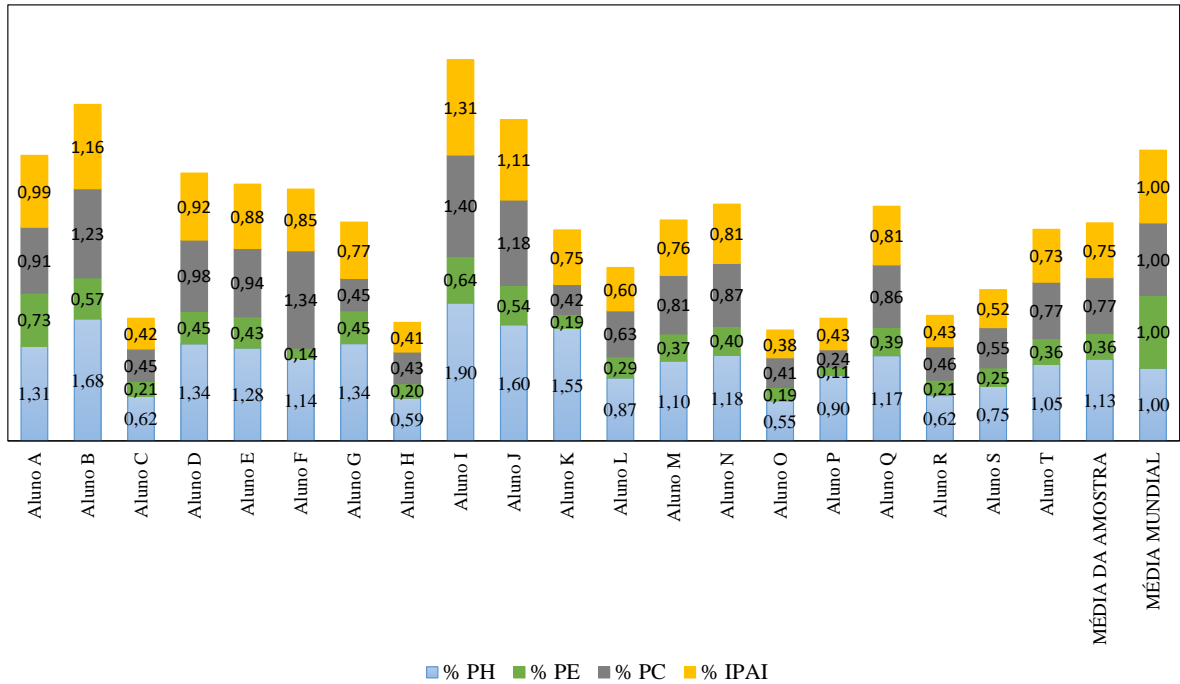


Apoio:





% ALUNOS X MÉDIA MUNDIAL



■ % PH ■ % PE ■ % PC ■ % IPAI

Fonte: Os Autores

Por fim, apenas para possibilitar uma comparação visual de cada pegada de forma gráfica, considerando que cada pegada possui uma grandeza própria, transformou-se os resultados em percentuais a partir da razão entre os valores obtidos em cada participante da pesquisa e também da média da amostra pelo valor da média mundial.

A partir desta transformação, é possível alocar todas as pegadas em um único gráfico (Gráfico 5) e comparar diante dos valores da média mundial a situação de cada participante diante da média mundial. O gráfico 4 possibilita uma ratificação das considerações feitas nos gráficos anteriores e nos permite visualizar quais são pegadas de cada participante, bem como da média da amostra, contribuindo para o resultado do IPAI obtido.

Percebe-se que, conforme dito anteriormente, as Pegadas Hídricas da amostra encontram-se em sua maioria acima da média mundial e, no caso das Pegadas Ecológicas e de Carbono, as médias estão abaixo da mundial. Na primeira, bem abaixo desta média, na segunda, mais aproximada.

## 5. Conclusões

Os resultados da aplicação do Índice de Pegadas Ambientais Integradas com os estudantes da Universidade Federal de Campina Grande, no município de Campina Grande -PB, desperta uma preocupação para a sustentabilidade local, pois são alunos que estão cursando um curso



superior de Engenharia Agrícola e outros de pós-graduação a nível de mestrado e doutorado em Recursos Naturais e se espera práticas de consumo mais sustentáveis.

A Pegada Hídrica foi a menos sustentável das três pegadas analisadas, inclusive ultrapassando a média mundial. Isso demonstra que, apesar da cidade ter passado por um longo período (anos) de racionamento de água, chegando a utilizar o volume morto do açude que abastece a população campinense, uma água questionada à saúde humana e de qualidade duvidosa, mesmo assim, essa experiência dramática não foi o suficiente para conscientizar e sensibilizar essas pessoas a utilizar esse líquido precioso de forma racional.

Em relação à Pegada Ecológica, verifica-se um cenário insustentável com (1,47g/ha), por mais que esteja distante da média mundial (4,13). Verifica-se que os jovens buscam ter qualidade de vida agredindo o meio ambiente, por mais que não possuam ainda uma independência financeira nem uma renda digna para promover o próprio sustento, o resultado aponta que é necessário um planeta a mais para suprir a necessidade de consumo desses estudantes, o que é extremamente alarmante, pois se hoje estão com esse comportamento de consumo, imagina quando estiverem com poder aquisitivo em um futuro próximo.

Por fim, tem-se observado que, nos últimos anos, a frota de automóveis cresceu bastante na cidade, devido ao aumento do poder aquisitivo da população. Mas que não afetou de maneira significativa a pegada de carbono, haja vista que a maioria dos estudantes utiliza o transporte público por meio de ônibus para se deslocar de casa para a universidade e vice-versa. Isso diminui a poluição atmosférica, devido à menor diminuição do dióxido de carbono emitido no meio ambiente. Sendo assim, por mais que o resultado apresentado (0,75) esteja no estado de alerta da sustentabilidade, ainda está em melhor situação do que a média mundial (1,00), que se encontra em uma situação insustentável.

Nesse sentido, corrobora-se a necessidade de ações urgentes para tomada de consciência por parte da sociedade, objetivando a redução e possível eliminação dos impactos ambientais na natureza. O descaso das pessoas acerca desta problemática implicará impossibilidade de sobrevivência humana no planeta.

Neste momento, percebe-se a importância do desenvolvimento contínuo de ferramentas capazes de auxiliar na gestão dos recursos naturais para um desenvolvimento sustentável. As ferramentas de mensuração da sustentabilidade, a exemplo do Índice de Pegadas Ambientais Integradas (IPAI), dentro de suas limitações, refletem o contexto no qual o meio ambiente se encontra. Assim, as pegadas analisadas decorrente da avaliação dos itens/variáveis ratifica a insustentabilidade que afeta o Município de Campina Grande, sob a perspectiva ambiental, bem como reflete os inadequados modos de consumo e o estilo de vida dessa cidade.

## 6. Referências Bibliográficas

ABBOT, J.; GUIJT, I. Novas visões sobre mudança ambiental: abordagens participativas de monitoramento. Rio de Janeiro: ASPTA, 1999.



ALEIXO, D. O. Índice das Pegadas Ambientais Integradas (IPAI): modelo e validação. 2014. 91f. Tese (Doutorado em Recursos Naturais) - Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais. Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2014.

ARMANI, Domingos. Como elaborar projetos?: guia prático para elaboração e gestão de projetos sociais. Porto Alegre: Tomo Editorial, 2001.

BEAUDOUX, E. et al. De la intensificación a la evaluación. guía metodológica de apoyo a proyectos y acciones para el desarrollo. La Paz. Bolívia: Huellas, 197 p., 1993.

BELLEN, H. M. V. Indicadores de sustentabilidade: uma análise comparativa. 2.ed. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 2006.

CHANG, W. N. Quantificacao e reducao de emissoes de gases de efeito estufa em uma refinaria de petroleo. 138f. Dissertacao (Mestrado) Engenharia Mecanica - Faculdade de Engenharia Mecanica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas-SP, 2006.

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

DORNELLES, Cláudio Turene Almeida. Percepção Ambiental: Uma análise da Bacia Hidrográfica do Rio Monjolinho, São Carlos, SP. 2006. Dissertação (Ciências da Engenharia Ambiental). Universidade de São Paulo. São Paulo.

ERCIN, A. E. et al. Corporate water footprint accounting and impact assessment: the case of the water footprint of sugar-containing carbonated beverage. *Water Resources Management*, v. 25, p. 721-741, 2011.

GILJUM, S. et al. Comprehensive set of resource use indicators from the micro to the macro level. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 55, p. 300-308, 2011.

GOLDEMBERG, J.; LUCON, O. Energia, Meio Ambiente & Desenvolvimento. 3- ed. Sao Paulo-SP: Editora da Universidade de Sao Paulo, 2008.

HAMMOND, A. et al. Environmental Indicators: a Systematic Approach to Measuring and Reporting on Environmental Policy Performance in the Context of Sustainable Development. Washington: WRI, 1995.

HERTWICH, E.G.; PETERS, G.P. Carbon footprint of nations: a global, trade-linked analysis. *Environmental Science and Technology*, v. 43, p. 6414–6420, 2009.

HOEKSTRA, A. Y.; CHAPAGAIN, A. K. Globalization of Water: Sharing the planet's fresh Water resources. Oxford: Blackwell Publishing, 2008.

HOEKSTRA, A. Y. et al. The water footprint assessment manual. 1. ed. London: Water Footprint Network, 2011, 224 p.

HOEKSTRA, A. Y.; CHAPAGAIN, A. K. Globalization of water: sharing the Planet's freshwater resources. 1.ed. Oxford: Blackwell Publishing, 2008. 232p.

HOEKSTRA, A.Y., CHAPAGAIN, A.K. Globalization of water: Sharing the planet's freshwater resources, Blackwell Publishing, Oxford, UK. In press, 2007b.

**IV SUSTENTARE & VII WIPIS**  
**WORKSHOP INTERNACIONAL**  
**Sustentabilidade, Indicadores e Gestão de Recursos Hídricos**  
 de 16 a 18 de novembro de 2022

EVENTO GRATUITO TOTALMENTE ONLINE

Realização: SUSTENTARE FUD-CAMPINAS

WIPES IBC-UFPA

Apoio: Agência das Bacias PCJ

COMITÊS PCJ

HOEKSTRA, A. Water Neutral: Reducing and Offsetting the Impacts of Water Footprints. UNESCO-IHE, Delft, 2008.

HOEKSTRA, A. Y.; CHAPAGAIN, A. K. The water footprints of Morocco and the Netherlands: global water use as a result of domestic consumption of agricultural commodities. *Ecological Economics*, v. 64, n. 1, p. 143-151, 2007.

MITCHELL, T. M. *Machine Learning*. Boston, MA: WCB/McGraw-Hill, 1997.

VAN BELLEN, H. M. *Indicadores de Sustentabilidade: uma análise comparativa*. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2005.

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