



II *Sustentare* – Seminário de Sustentabilidade da PUC-Campinas
V WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
17 a 19 de novembro de 2020

ENSINO DAS CIÊNCIAS AMBIENTAIS E A REDUÇÃO DA PEGADA HÍDRICA: A PRÁXIS AMBIENTAL DO PROFCIAMB EM PERNAMBUCO

Otacilio Antunes Santana, otacilio.santana@ufpe.br, PROFCIAMB-UFPE
Felipe Conceição Aragão Pereira, felipe.aragao@ufpe.br, PROFCIAMB-UFPE
Cainã Ferraz e Silva, caina.ferrazsilva@ufpe.br, PROFCIAMB-UFPE

Resumo

Uma dissertação produzida pelo Programa de Pós-Graduação em Rede Nacional para o Ensino das Ciências Ambientais (PROFCIAMB) contribuiu para a redução da pegada hídrica na Educação Básica? Essa pergunta guiou esse trabalho mais na direção de uma proposta metodológica do que de uma resposta determinística. Então, os objetivos deste trabalho foram: (i) relacionar as habilidades a serem construídas pelos alunos da educação básica apresentadas na Base Nacional Comum Curricular (BNCC) com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), a levar em consideração a temática água com elemento transversal de ensino; (ii) analisar como a concepção de água como conceito a partir das dissertações pode direcionar a uma práxis ambiental na Educação Básica; (iii) calcular o consumo per capita de água por dia letivo nas unidades escolares em que foram áreas de atuação dos projetos das dissertações; e, (iv) espacializar o número de dissertações defendidas no PROFCIAMB da Associada da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) pelas Mesorregiões de Pernambuco, o índice da pegada hídrica per capita pelo dia letivo educacional, e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) utilizados como foco na construção da Dissertação. Os objetivos propostos por este trabalho foram alcançados e o método sistematizado se mostrou consistente para as inferências iniciais sobre a relação do que uma dissertação de maneira prática pode se desdobrar em uma práxis ambiental (redução da pegada hídrica). A principal inferência dos dados antes e depois da execução dos projetos de atuação que culminaram nas dissertações produzidas foi a redução significativa do consumo de água per capita nas escolas que foram as áreas de atuação das dissertações. Outra inferência foi que as escolas que tinham maior disponibilidade de água, passaram a consumir menos, apesar do índice da Pegada Hídrica Educacional Anual revelar que em áreas de maior disponibilidade água, o seu consumo foi maior, a mostrar a relação direta e proporcional entre disponibilidade e consumo.

Palavras-chave: Consumo Hídrico, Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, Base Nacional Comum Curricular

1. Introdução

A formação de egressos, e consequentemente a produção de um conjunto de dissertações e produtos técnicos e tecnológicos, suscitou a seguinte indagação: Quanto uma dissertação pode reduzir a pegada ecológica do espaço amostral que serviu de base para seu projeto de atuação? Essa pergunta que parece determinística em uma primeira leitura, pode representar mais uma instigação para a construção de um método, ou vários métodos, que possam responde-la. A se pensar em uma ecologia com seus seres bióticos, abióticos e físico-ambientais, o fundamento é começar por uma substância primordial: Água.



II *Sustentare* – Seminário de Sustentabilidade da PUC-Campinas
V WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
17 a 19 de novembro de 2020

Como então, uma dissertação produzida a partir de um projeto de atuação reduz a pegada hídrica em um ambiente educacional? Esta pergunta guiou este trabalho, não na intencionalidade de se ter uma resposta pronta/conclusiva, mas, para de se construir um possível método para isso. Pode-se especificar ainda mais esse método quando se trabalha com os sujeitos de estudo do Programa de Pós-Graduação em Rede Nacional para Ensino das Ciências Ambientais (PROFCIAMB/NACIONAL, 2020), Mestrado Profissional: atores educacionais de espaços formais e não formais.

A questão supracitada vem de encontro com as premissas do Ensino das Ciências Ambientais (área de concentração do PROFCIAMB), pois o Programa busca a formação de seus atores para a práxis ambiental no presente, ou seja, que seus produtos reduzam as pegadas ecológicas ou façam compensações ambientais para que a sua própria geração etária possa disfrutar desse retorno que o manejo ecológico sustentável dá (JICKLING; STERLING, 2017).

Então, a partir das dissertações e seus desdobramentos, a tomar com unidade amostral as escolas da educação básica, Pernambuco como território de práxis ambiental, a concepção de água como um objeto de estudo, e as diretrizes da Base Nacional Comum Curricular (BNCC – MEC, 2018) e da Agenda 2030 – Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS – UN, 2020), os objetivos desse trabalho foram: (i) relacionar as habilidades a serem construídas pelos alunos da educação básica apresentados na BNCC com os ODS, a levar em consideração a temática água com elemento transversal de ensino; (ii) discutir como a concepção de água como conceito a partir das dissertações pôde direcionar a uma práxis ambiental na Educação Básica; (iii) calcular o Consumo per capita de água por dia letivo nas unidades escolares em que foram áreas de atuação dos projetos das dissertações; (iv) espacializar o número de dissertações defendidas no PROFCIAMB/UFPE pelas Mesorregiões de Pernambuco, o índice da pegada hídrica per capita pelo dia letivo educacional, e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) utilizados como foco na construção da Dissertação.

2. Fundamentação teórica

O PROFCIAMB por ter o compromisso da formação profissional dos atores educacionais e de atuar em áreas de vulnerabilidade socioambiental segue as diretrizes da Base Nacional Comum Curricular e da Agenda 2030, os objetivos de desenvolvimento sustentável. Como esta diretriz e esta agenda possuem interface em temáticas ambientais, esta interface objetiva formação transversal de um cidadão competente e hábil para atuar profissionalmente e a reduzir impactos negativos socioambientais (SANTANA et al., 2017). Essa teia formada sobreposta da BNCC e dos ODS é um arcabouço consistente na fundamentação teórico-prático das dissertações do PROFCIAMB. Analisar a temática água nessa teia política-afirmativa é importante para se traçar estratégias para a redução da pegada hídrica nos espaços coletivos (WACKERNAGEL et al., 2019). Na BNCC, as unidades temáticas que tratam diretamente do conteúdo sobre água estão descritos na Tabela 1 e os ODS na Tabela 2.



II *Sustentare* – Seminário de Sustentabilidade da PUC-Campinas
 V WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
 17 a 19 de novembro de 2020

Tabela 1. Habilidade a serem construídas nas Unidades Temáticas indicadas pela Base Nacional Comum Curricular (Fonte: MEC, 2018).

Código	Habilidade a serem construídas nas Unidades Temáticas
EF02CI05	Investigar a importância da água e da luz para a manutenção da vida de plantas em geral.
EF02CI08	Comparar o efeito da radiação solar (aquecimento e reflexão) em diferentes tipos de superfície (água, areia, solo, superfícies escura, clara e metálica etc.).
EF02GE11	Reconhecer a importância do solo e da água para a vida, identificando seus diferentes usos (plantação e extração de materiais, entre outras possibilidades) e os impactos desses usos no cotidiano da cidade e do campo.
EF03CI02	Experimentar e relatar o que ocorre com a passagem da luz através de objetos transparentes (copos, janelas de vidro, lentes, prismas, água etc.), no contato com superfícies polidas (espelhos) e na intersecção com objetos opacos (paredes, pratos, pessoas e outros objetos de uso cotidiano).
EF03CI07	Identificar características da Terra (como seu formato esférico, a presença de água, solo etc.), com base na observação, manipulação e comparação de diferentes formas de representação do planeta (mapas, globos, fotografias etc.).
EF03GE09	Investigar os usos dos recursos naturais, com destaque para os usos da água em atividades cotidianas (alimentação, higiene, cultivo de plantas etc.), e discutir os problemas ambientais provocados por esses usos.
EF03GE10	Identificar os cuidados necessários para utilização da água na agricultura e na geração de energia de modo a garantir a manutenção do provimento de água potável.
EF04CI03	Concluir que algumas mudanças causadas por aquecimento ou resfriamento são reversíveis (como as mudanças de estado físico da água) e outras não (como o cozimento do ovo, a queima do papel etc.).
EF05CI02	Aplicar os conhecimentos sobre as mudanças de estado físico da água para explicar o ciclo hidrológico e analisar suas implicações na agricultura, no clima, na geração de energia elétrica, no provimento de água potável e no equilíbrio dos ecossistemas regionais (ou locais).
EF05CI03	Selecionar argumentos que justifiquem a importância da cobertura vegetal para a manutenção do ciclo da água, a conservação dos solos, dos cursos de água e da qualidade do ar atmosférico.
EF05CI04	Identificar os principais usos da água e de outros materiais nas atividades cotidianas para discutir e propor formas sustentáveis de utilização desses recursos.
EF05GE10	Reconhecer e comparar atributos da qualidade ambiental e algumas formas de poluição dos cursos de água e dos oceanos (esgotos, efluentes industriais, marés negras etc.).
EF06CI01	Classificar como homogênea ou heterogênea a mistura de dois ou mais materiais (água e sal, água e óleo, água e areia etc.).
EF06GE04	Descrever o ciclo da água, comparando o escoamento superficial no ambiente urbano e rural, reconhecendo os principais componentes da morfologia das bacias e das redes hidrográficas e a sua localização no modelado da superfície terrestre e da cobertura vegetal.
EF06GE10	Explicar as diferentes formas de uso do solo (rotação de terras, terraceamento, aterros etc.) e de apropriação dos recursos hídricos (sistema de irrigação, tratamento e redes de distribuição), bem como suas vantagens e desvantagens em diferentes épocas e lugares.
EF06GE12	Identificar o consumo dos recursos hídricos e o uso das principais bacias hidrográficas no Brasil e no mundo, enfatizando as transformações nos ambientes urbanos
EF07CI07	Caracterizar os principais ecossistemas brasileiros quanto à paisagem, à quantidade de água, ao tipo de solo, à disponibilidade de luz solar, à temperatura etc., correlacionando essas características à flora e fauna específicas.
EF07CI09	Interpretar as condições de saúde da comunidade, cidade ou estado, com base na análise e comparação de indicadores de saúde (como taxa de mortalidade infantil, cobertura de saneamento básico e incidência de doenças de veiculação hídrica, atmosférica entre outras) e dos resultados de políticas públicas destinadas à saúde.
EF08GE15	Analisar a importância dos principais recursos hídricos da América Latina (Aquífero Guarani, Bacias do rio da Prata, do Amazonas e do Orinoco, sistemas de nuvens na Amazônia e nos Andes, entre outros) e discutir os desafios relacionados à gestão e comercialização da água.
EM13MAT404	Analisar funções definidas por uma ou mais sentenças (tabela do Imposto de Renda, contas de luz, água, gás etc.), em suas representações algébrica e gráfica, identificando domínios de validade, imagem, crescimento e decrescimento, e convertendo essas representações de uma para outra, com ou sem apoio de tecnologias digitais.
EM13CNT105	Analisar os ciclos biogeoquímicos e interpretar os efeitos de fenômenos naturais e da interferência humana sobre esses ciclos, para promover ações individuais e/ou coletivas que minimizem consequências nocivas à vida.
EM13CNT203	Avaliar e prever efeitos de intervenções nos ecossistemas, e seus impactos nos seres vivos e no corpo humano, com base nos mecanismos de manutenção da vida, nos ciclos da matéria e nas transformações e transferências de energia, utilizando representações e simulações sobre tais fatores, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como softwares de simulação e de realidade virtual, entre outros).

*(EM = Ensino Médio, EF = Ensino Fundamental | primeiros números = ano curricular | CI = ciências, GE = geografia, MAT = matemática e suas tecnologias, CNT = ciências da natureza e suas tecnologias | últimos números = número da habilidade naquele ano ou bloco de anos).

Tabela 2. Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (Fonte: UN, 2020).

ODS	Meta da Agenda 2030
01 Erradicação da pobreza	Acabar com a pobreza em todas as suas formas, em todos os lugares



II *Sustentare* – Seminário de Sustentabilidade da PUC-Campinas
 V WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
 17 a 19 de novembro de 2020

02	Fome zero e agricultura sustentável	Acabar com a fome, alcançar a segurança alimentar e melhoria da nutrição e promover a agricultura sustentável
03	Saúde e bem-estar	Assegurar uma vida saudável e promover o bem-estar para todos, em todas as idades
04	Educação de qualidade	Assegurar a educação inclusiva, e equitativa e de qualidade, e promover oportunidades de aprendizagem ao longo da vida para todos
05	Igualdade de gênero	Alcançar a igualdade de gênero e empoderar todas as mulheres e meninas
06	Água limpa e saneamento	Garantir disponibilidade e manejo sustentável da água e saneamento para todos
07	Energia limpa e acessível	Garantir acesso à energia barata, confiável, sustentável e renovável para todos
08	Trabalho decente e crescimento econômico	Promover o crescimento econômico sustentado, inclusivo e sustentável, emprego pleno e produtivo, e trabalho decente para todos
09	Inovação infraestrutura	Construir infraestrutura resiliente, promover a industrialização inclusiva e sustentável, e fomentar a inovação
10	Redução das desigualdades	Reduzir as desigualdades dentro dos países e entre eles
11	Cidades e comunidades sustentáveis	Tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis
12	Consumo e produção responsáveis	Assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis
13	Ação contra a mudança global do clima	Tomar medidas urgentes para combater a mudança climática e seus impactos
14	Vida na água	Conservação e uso sustentável dos oceanos, dos mares, e dos recursos marinhos para o desenvolvimento sustentável
15	Vida terrestre	Proteger, recuperar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres, gerir de forma sustentável as florestas, combater a desertificação, deter e reverter a degradação da Terra e deter a perda da biodiversidade
16	Paz, justiça e instituições eficazes	Promover sociedades pacíficas e inclusivas par ao desenvolvimento sustentável, proporcionar o acesso à justiça para todos e construir instituições eficazes, responsáveis e inclusivas em todos os níveis
17	Parcerias e meios de implementação	Fortalecer os meios de implementação e revitalizar a parceria global para o desenvolvimento sustentável

Outro tópico importante, que guiaram as práticas e o objetivo da Agenda 2030 a ser priorizado, foi como as dissertações tratam a temática água como conceito (Tabela 3), pois isso reflete no momento do processo de ensino aprendizagem da Educação Básica e como foi executada a práxis ambiental (SANTANA et al., 2017).

Tabela 3. Concepção teórico-prático do conceito de Água.

Concepção	Conceito	Referência
Capital Natural	como um bem ou objeto de valor a ser trocado	Hoekstra (2009)
Elemento Primordial	como uma substância em seu estado 'puro' e isolado (H ₂ O)	Wales e Hodges (1998)
Espaço de Formação e Objeto de Estudo e Experimentação	como um espaço ou objeto que pode ser casualizado, controlado e apresentar padrões de comportamento em modelagens	Nieswiadomy (1992)
Fonte de Energia	como uma produtora de um trabalho ou realizar uma ação	Rehman, Al-Hadhrani e Alam (2015)
Indicadora de Sustentabilidade e Desastre	como um reservatório bioacumulador e químicoacumulador e acelerador de intemperes que refletem em um estranhamento humano	Osborn et al. (2011)
Parte de um Sistema Biogeoquímico	como parte de um ciclo natural, a alterar nesse ciclo sua forma física e associação química	Austin et al. (2004)
Patrimônio Cultural e Religioso e Espaço de Identidade	como um espaço transcendente que liga o humano ao metafísico	Beretta (2016)
Território Político e Soberano	como delimitador de mapas, regiões e formador de cidades, o que a define como uma propriedade geo-histórica	Poff et al. (2003)
Via de Transporte	como uma rota pré-determinada para o tráfego aquático (hidrovia)	Acuna et al. (2014)



II *Sustentare* – Seminário de Sustentabilidade da PUC-Campinas
V WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
17 a 19 de novembro de 2020

Após a formação desta teia, estimar o consumo hídrico per capita pelo espaço e tempo foi uma estratégia na qual os conceitos ambientais saem de uma consciência para uma práxis (SANTANA, 2016). Uma pessoa a reduzir o consumo de algo impacta a cadeia produtiva ou a fonte distribuidora pregressa do recurso a ser manejado (GALLI et al., 2020). A pensar isso de forma coletiva e em um espaço educacional, se amplia a redução de uma pegada ecológica e direciona o coletivo a uma mudança significativa de comportamento, rumo a um cenário da relação homem e natureza de sustentabilidade e de manutenção da engrenagem ecológica bio-diversa (WACKERNAGEL et al., 2019).

A articular essa redução per capita do consumo hídrico, as dissertações do PROFCIAMB podem ajudar as Mesorregiões (IBGE, 2019), que são delimitadas por seu zoneamento ecológico-econômico e pela capacidade de produção primária em relação ao clima, na engenhosidade do desenvolvimento local.

3. Metodologia

A área do estudo foi o estado de Pernambuco, onde houveram os espaços de atuação dos das Dissertações do Programa de Pós-Graduação em Rede Nacional para Ensino das Ciências Ambientais (PROFCIAMB) da Associada Universidade Federal de Pernambuco (PROFCIAMB/UFPE, 2020) (Figura 1).



Figura 1. Limites do Estado de Pernambuco. Fonte: Autores.

Os espaços de atuação (espaço amostral educacional ou espaço de formação) foram amostrados das 35 dissertações defendidas até Novembro de 2020, e acrescidos a estes dados foram levantados qual a entrada e saída anual de água (l = litros) nestes espaços, e quantos atores educacionais (aprendizes, educadores, gestores educacionais e pessoal administrativo) os frequentavam por ano letivo. O dado da quantidade dos atores educacionais foram coletados na Secretaria de Educação de Pernambuco (SECRETARIA DE EDUCAÇÃO DE PERNAMBUCO, 2020), e o dado de entrada e saída de água advinham dos valores registrados



II *Sustentare* – Seminário de Sustentabilidade da PUC-Campinas
 V WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
 17 a 19 de novembro de 2020

nos hidrômetros e coletados pela Companhia Pernambucana de Saneamento para os espaços de atuação amostrados (COMPESA, 2020). Todos estes dados foram de 2017 a 2019, período em que os projetos de atuação que resultaram das dissertações foram executados, mesmo os que foram defendidos em 2020.

Os dados dos espaços de formação não formais (e.g. Espaço Ciência – Museu Interativo de Ciências) foram acompanhados dentro dos espaços formais (escolas), pois se balizou que o desdobramento da formação dentro de um espaço não escolar se refletiu dentro da escola (continuação da aula prática em sala de aula). As dissertações podem ser encontradas no Repositório Nacional do PROFCIAMB (PROFCIAMB/NACIONAL, 2020).

A partir da Análise de Conteúdo (BARDIN, 2001) das dissertações, foi analisado como os egressos relacionaram as Habilidades a serem construídas pelos alunos, apontadas na Base Nacional Comum Curricular (BNCC - MEC, 2018), com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS - UN, 2020). Também, a partir deste método, foram registradas qual a concepção do uso do conceito da Água e qual a relação com os ODS.

Duas razões foram utilizadas para avaliação da Pegada Hídrica Educacional, uma foi o consumo per capita de água por dia letivo ($1 \text{ pessoa}^{-1} \text{ dia letivo}^{-1}$) (Equação 1), e o índice da Pegada Hídrica Educacional Anual (%) (Equação 2), todas as equações adaptadas de Warckernagel e Beyers (2019):

$$\text{Consumo per capita de água por dia letivo} = \frac{\left(\frac{\text{litros}}{\text{pessoa}}\right)}{\text{dia letivo}} \quad (\text{Equação 1})$$

$$\text{Índice da Pegada Hídrica Educacional Anual} = \frac{\text{Saída}_{\text{Anual}}}{\text{Entrada}_{\text{Anual}}} \quad (\text{Equação 2})$$

Em que, Saída e Entrada se referem o volume (m^3) médio anual (2017-2019) de água que entra nos espaços educacionais, e saída o que é consumido.

Com esses dados se pôde comparar dois períodos de consumo de água, antes do projeto de atuação do egresso PROFCIAMB que resultou em sua dissertação, e depois, após a conclusão da dissertação. A comparação foi por meio estatístico, antes e depois por Teste de χ^2 (95% de confiança; ZAR, 1999) e pelas distribuições de normalidade de D'Agostino-Pearson (D'AGOSTINO; PEARSON, 1973). A relação entre Consumo per capita de água por dia letivo e a frequência acumulada de dissertações foi realizada por meio dos cálculos dos parâmetros e coeficientes do ajuste (R^2 ; p; ϵ) dos dados a curva de maior significância destes parâmetros ($R^2 > 0.80$; $p < 0,05$; $\epsilon < 0,05$) na Análise de Regressão (ZAR, 1999). Todas estatísticas e gráficos deste trabalho foram executados no programa BioEstat 5.3 (INSTITUTO MAMIRAUÁ, 2020).

Especialmente em Pernambuco, foram plotados: (a) as Mesorregiões: Sertão Pernambucano, São Francisco Pernambucano, Agreste Pernambucano, Mata Pernambucana, e, Metropolitana do Recife; (b) a quantidade de dissertações; (c) Índice da Pegada Hídrica Educacional



II *Sustentare* – Seminário de Sustentabilidade da PUC-Campinas
 V WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
 17 a 19 de novembro de 2020

Anual; e, (d) Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) utilizados como foco na construção das Dissertações. Os dados foram especializados no programa MapWindow5 (2020).

Um gráfico ternário foi construído com as variáveis número de dissertações (frequência acumulada), redução do consumo per capita de água por dia letivo e precipitação média anual (de todas as áreas de atuação – 2017-2019) para se observar como o PROFCIAMB/UFPE contribui na redução da pegada hídrica (INSTITUTO MAMIRAUÁ, 2020).

4. Resultados

A relação BNCC e ODS ficaram evidentes na avaliação das 35 dissertações em relação a temática água. Os egressos conseguiram articular a construção de conhecimento com a construção de uma habilidade que se refletiu em um movimento rumo a uma práxis ambiental. De todas as habilidades da BNCC designadas para o Ensino Fundamental e Médio, suscitaram seis ODS que os egressos da Associada UFPE priorizaram em suas dissertações (Figura 2) e fizeram essa interface com a BNCC. Pôde-se perceber, pela análise de conteúdo, que quando a dissertação se tratava de um consumo direto da água (e.g. Habilidades EF04CI03 e EF07CI09) os ODS6 e ODS12 foram priorizados, quando se tratava de manutenção de um ecossistema (e.g. Habilidades EF02CI08 e EF07CI07) foram priorizados os ODS14 e ODS15, e quando se tratava de uma comercialização ou inserção em um espaço maior (e.g. América Latina, Habilidades EF03CI07 e EF08GE15) foi priorizado o ODS17. Isso é importante pois certifica que o PROFCIAMB/UFPE está a cumprir a Agenda 2030 balizada no fundamento de construção de habilidades que renderão aos alunos da Educação Básica posturas profissionais e éticas em relação a natureza (SANTANA et al., 2017).

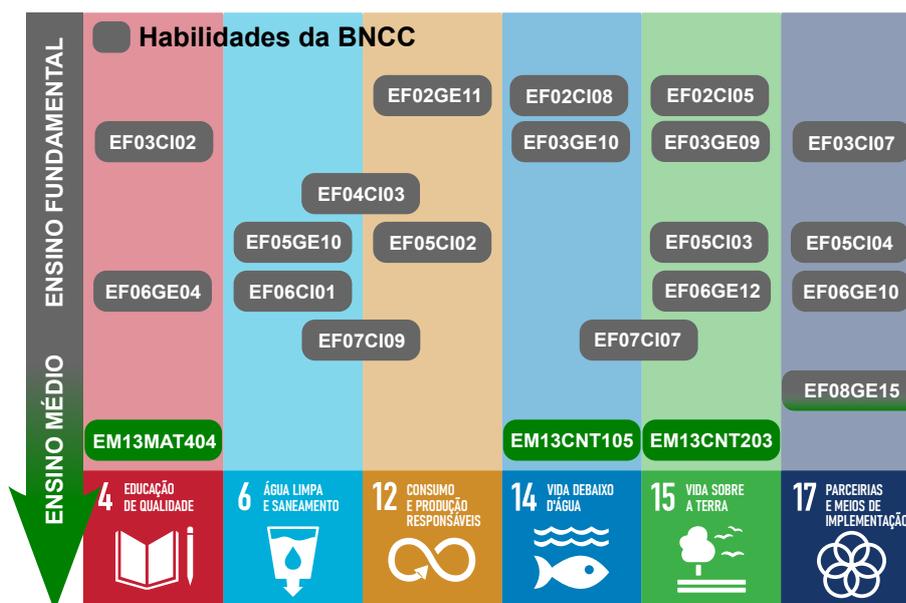


Figura 2. Relação das Habilidades a serem construídas pelos alunos, apontadas na Base Nacional Comum Curricular (BNCC), com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), relação suscitada nas dissertações. Fonte: Autores.



II *Sustentare* – Seminário de Sustentabilidade da PUC-Campinas
 V WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
 17 a 19 de novembro de 2020

A seguir esta teia formada, a maioria das dissertações trouxe uma concepção de água como parte de um sistema ou como um objeto de estudo ou como indicadora ambiental. Essa priorização pelo conceito e uso simultâneo de um ODS específico (Figura 3) certificou que os atores PROFCIAMB/UFPE (aprendizes e educadores) são das áreas afins a Ciências da Natureza e suas Tecnologias (MEC, 2018) o que poderá ser ampliado a outras áreas do conhecimento. Até as unidades temáticas, mesmo que interdisciplinares, encaixaram os conceitos de recursos naturais distantes das áreas de tecnologia, engenharia, ciências sociais e matemática. Este direcionamento deverá ser um passo fundamental para dar uma caráter transdisciplinar do Ensino da Água na teia das unidades temáticas da BNCC e da Agenda 2030. Experiências nesta direção mostraram uma maior popularização do conhecimento do recurso natural frente a finalidade de seu manejo quantitativo e qualitativo (CLARK; BUTTON, 2011).

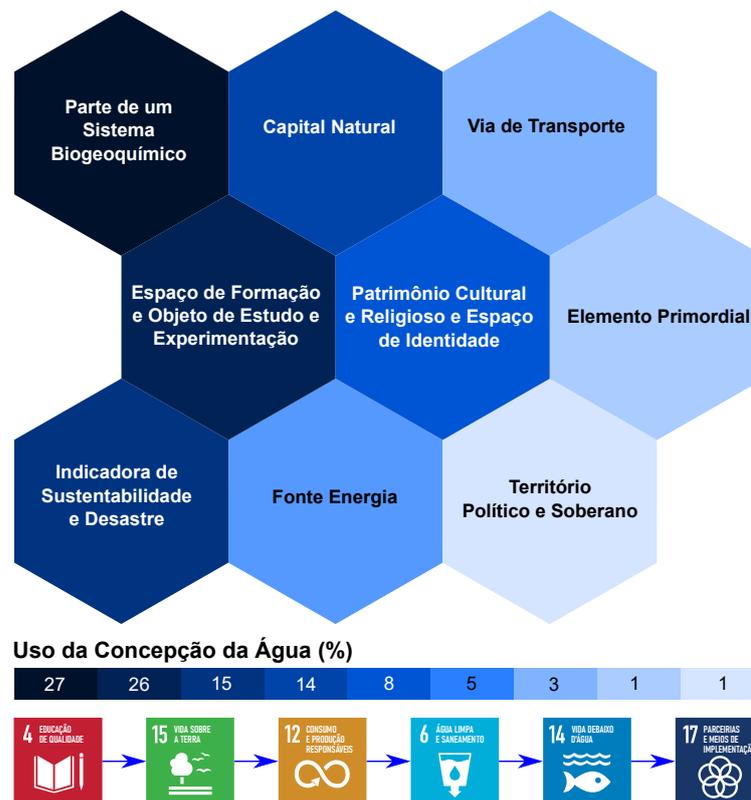


Figura 3. Concepção do uso do conceito da Água e a relação com os objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS), conforme priorizado nas dissertações.

A qualidade do dado geral levantado permitiu várias inferências (Tabela 4). A primeira foi a redução significativa do consumo de água após a implantação do projeto de atuação que culminaram nas dissertações (Figura 4A). A segunda, foi que as escolas que tinham maior disponibilidade de água, passaram a consumir menos, o que moveu a distribuição do consumo per capita (média de saída) para um consumo mais homogêneo entre as escolas, visto que a média



II *Sustentare* – Seminário de Sustentabilidade da PUC-Campinas
 V WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
 17 a 19 de novembro de 2020

do consumo de saída reduziu abaixo da média per capita de entrada (Figura 4B; $p < 0,001$). Não é por que tem mais recurso que se deve consumir mais obrigatoriamente (EDWARDS et al., 2005) e essa tendência que ser priorizada em futuras dissertações.

Tabela 4. Estatística descritiva dos espaços educacionais envolvidos nas Dissertações do PROFCIAMB (2017-2019). (Fonte: Autores e dados da COMPESA, 2020*)

Dissertações (n)	Escolas (n)	*Alunos escola ⁻¹ (média ± desvio padrão)*	*Entrada de água (m ³ ano letivo ⁻¹ escola ⁻¹)	*Saída de água (m ³ ano letivo ⁻¹ escola ⁻¹)
35	61	427 ± 209	3.117 ± 1.119	2.497 ± 883

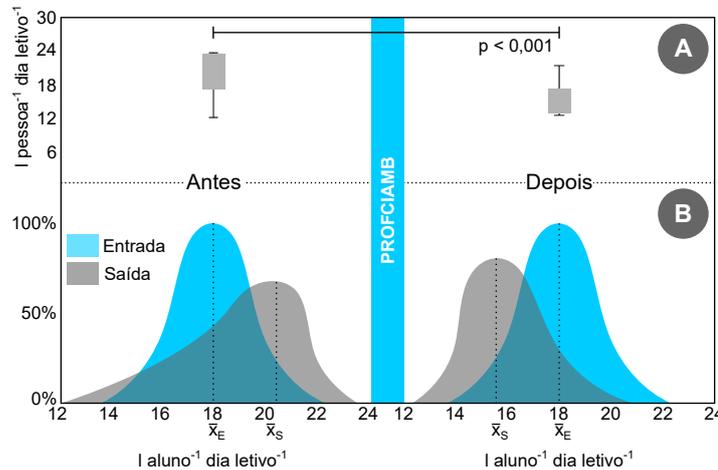


Figura 4. (A) Consumo per capita de água por dia letivo. $p =$ resultado do Teste de χ^2 entre antes e depois do Projeto de Atuação que se resultou a dissertação. (B) Distribuição de D'Agostino-Pearson da entrada (\bar{X}_E) e saída (\bar{X}_S) médias de água (%) antes e depois do Projeto de Atuação que se resultou a dissertação ($n = 35$). Fonte: Autores.

Esta inferência ficou evidente quando se fez o ajuste dos dados da produção acumulada das dissertações (frequência acumulada) com o Consumo per capita de água por dia letivo (Figura 5). Os dados se ajustaram de forma significativa e a curva mostrou a tendência de redução da pegada hídrica a partir da implementação dos projetos de atuação que culminaram nas dissertações. O ajuste matemático foi de uma função polinomial de segunda ordem, o que se pôde criar uma equação e prever como será essa redução a partir da certificação de novos egressos PROFCIAMB, até se chegar um ponto de saturação (ajuste a função sigmoideal – ZAR, 1999), no qual se pode até definir a quantidade máxima e ótima de egressos por período, número esse que representará teoricamente que a produção de uma dissertação não fará mais efeito na redução da pegada hídrica.



II *Sustentare* – Seminário de Sustentabilidade da PUC-Campinas
 V WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
 17 a 19 de novembro de 2020

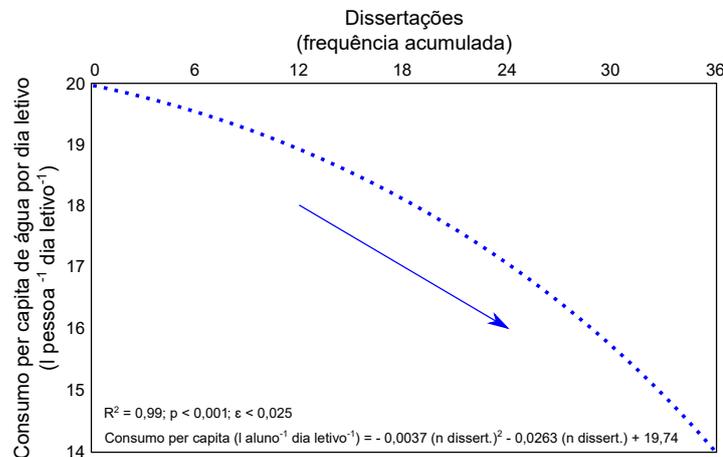


Figura 5. Relação entre as dissertações defendidas (frequência acumulada) com o Consumo per capita de água por dia letivo. → = tendência de redução. Equação e parâmetros do ajuste dos dados. Fonte: Autores.

Antes da espacialização dos dados pelas mesorregiões de Pernambuco, foram verificadas as variáveis geofísicas da hidrografia, da precipitação média anual e do clima (APAC, 2020 - Figura 6). Após a espacialização da quantidade de dissertações por mesorregião, foram observadas que todas as regiões possuem algum projeto de atuação (dissertações geradas) do PROFCIAMB em Pernambuco, a suscitar o caráter de interiorização desse programa de pós-graduação e atuação em diversos habitats e habitus (Figura 7A).

O índice da Pegada Hídrica Educacional Anual revelou que em áreas de maior disponibilidade água o seu consumo foi maior, ou seja, a quantidade de água que entrava na escola foi praticamente a que foi consumida ($> 0,90$). Isto parece incoerente, visto a Figura 4B, mas as escolas de áreas áridas e semiáridas em momentos de maior fornecimento de água, tratavam de economizá-la para outros períodos ($< 0,7$), a causar um manejo da pegada hídrica mesmo em momentos de ‘abundância’ e escassez (Figura 7B). E estas escolas que fizeram recuar a média e a distribuição dos dados na Figura 4B. A literatura apresenta isto claramente em outros contextos (EDWARDS et al., 2005; BOULAY et al., 2018).

Por isto que a priorização dos projetos de atuação e das dissertações por alguns ODS foi um resultado de como os atores educacionais se comportavam em seus ambientes em relação a quantidade e consumo de água (Figura 7C). Os ODS6 e ODS14 próximos e na região costeira, e OSD12 e ODS17 em áreas de aridez (SANTANA et al. 2019). Esse ponto é fundamental para o planejamento estratégico do PROFCIAMB na definição de como conduzirá e manejará especialmente os projetos de atuação e a produção de dissertações, rumo a equalizar as práticas ambientais (disponibilidade e consumo do recurso natural) a respeitar as assimetrias regionais.



II *Sustentare* – Seminário de Sustentabilidade da PUC-Campinas
 V WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
 17 a 19 de novembro de 2020

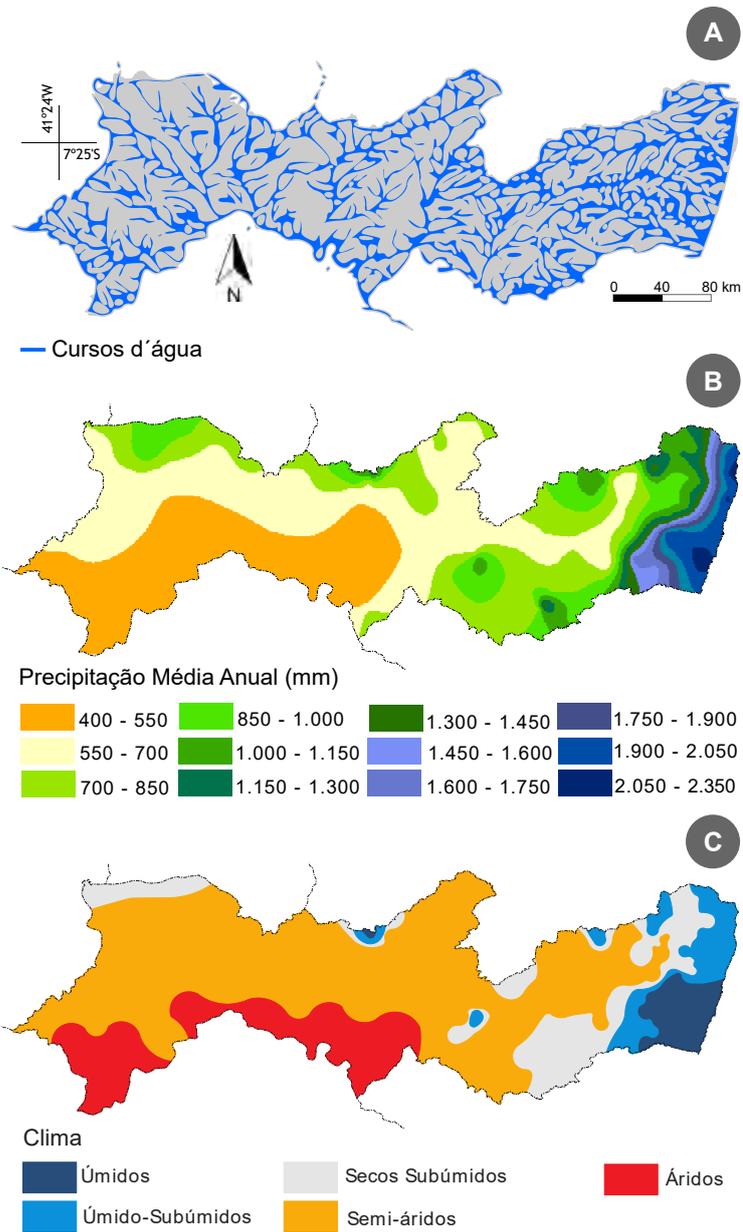


Figura 6. (A) Hidrografia, (B) Precipitação Média Anual (2017-2019), e (C) Clima em Pernambuco. Fonte: APAC (2020).



II *Sustentare* – Seminário de Sustentabilidade da PUC-Campinas
 V WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
 17 a 19 de novembro de 2020

O estado da arte da Associada UFPE é que as 35 dissertações conseguiram em seus espaços de formação uma redução média da pegada hídrica per capita de 4,5 litros por dia, e que a maioria das dissertações foram produzidas em regiões de estresse hídrico ambiental (média < 1.000 mm de precipitação média anual). Esse gráfico ternário (Figura 8) reforça o papel do PROFCIAMB/UFPE na atuação, na discussão, na produção de conteúdo e na construção do conhecimento em áreas de vulnerabilidade socioambiental. Outro ponto a ser destacado foi como a Educação Básica foi basilar para uma ação afirmativa ambiental de forma prática e rápida. Essa foi a identidade do conjunto de dissertações até agora produzidas em direção a práxis ambiental e uma ação já (JICKLING; STERLING, 2017).

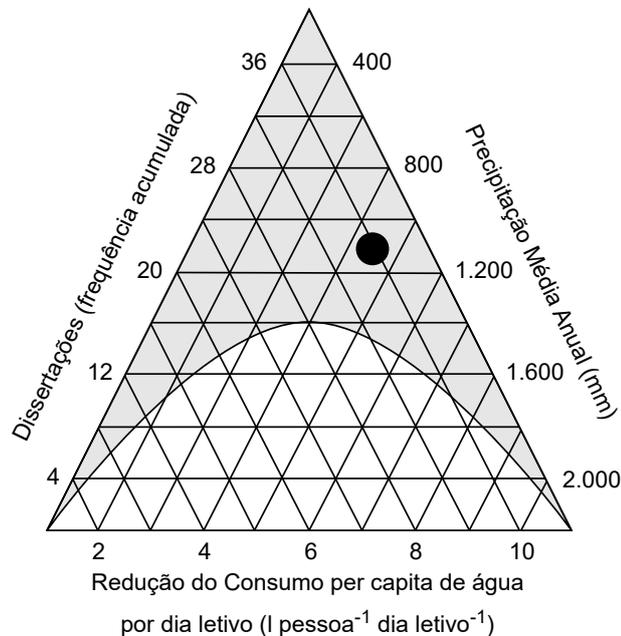


Figura 8. Diagrama ternário da práxis ambiental do PROFCIAMB/UFPE frente a precipitação média anual das regiões onde as dissertações foram construídas (● = situação Nov. 2020). Fonte: Autores.

5. Conclusões

A relação BNCC e ODS ficaram evidentes na avaliação das 35 dissertações em relação a temática água. Os egressos conseguiram articular a construção de conhecimento com a construção de uma habilidade que se refletiu em um movimento rumo a uma práxis ambiental.

Os objetivos propostos por este trabalho foram alcançados e o método sistematizado se mostrou consistente para as inferências iniciais sobre a relação do que uma dissertação de maneira direta pode se desdobrar em uma práxis ambiental (redução da pegada hídrica).

A principal inferência dos dados antes e depois da execução dos projetos de atuação que culminaram nas dissertações produzidas foi a redução significativa do consumo de água per capita nas escolas que foram as áreas de atuação das dissertações. Outras inferência foi que as



II *Sustentare* – Seminário de Sustentabilidade da PUC-Campinas
V WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
17 a 19 de novembro de 2020

escolas que tinham maior disponibilidade de água, passaram a consumir menos, apesar do índice da Pegada Hídrica Educacional Anual revelou que em áreas de maior disponibilidade água, o seu consumo foi maior, a mostrar a relação direta e proporcional entre disponibilidade e consumo.

As dissertações utilizaram como cenário espaços de formação em todas as Mesorregiões de Pernambuco, a mostrar interiorização da práxis ambiental.

A Associada PROFCIAMB/UFPE está a cumprir a Agenda 2030 balizada no fundamento de construção de habilidades que renderão aos alunos da Educação Básica posturas profissionais e éticas em relação a natureza (BNCC).

6. Agradecimentos

A Pró-reitora de Pós-Graduação da Universidade Federal de Pernambuco (PROPG/UFPE), a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, e a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA/CAPES-UAB 2803/2015) pelo suporte, e ao Grupo de Pesquisa ‘Educometria’ (UFPE/CNPq) pela discussão e ajuda no levantamento dos dados.

7. Referências bibliográficas

- ACUNA, V. et al. Why Should We Care About Temporary Waterways? **Science**, v. 343, n. 6175, p. 1080-1081, 2014. Doi: 10.1126/science.1246666
- AUSTIN, A. T. et al. Water pulses and biogeochemical cycles in arid and semiarid ecosystems. **Oecologia**, v. 141, n. 2, p. 221-235, 2004. Doi: 10.1007/s00442-004-1519-1
- BARDIN, L. **L’analyse de contenu**. 10e. éd. Paris: Presses Universitaires de France, 2001.
- BERETTA, G. P. Water availability, cultures, religions and social welfare. **Acque Sotterranee-Italian Journal of Groundwater**, v. 5, n. 2, p. 5-5, 2016. Doi: 10.7343/as-2016-229
- BOULAY, A. M. et al. The WULCA consensus characterization model for water scarcity footprints: assessing impacts of water consumption based on available water remaining (AWARE). **International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 23, n. 2, p. 368-378, 2018. Doi: 10.1007/s11367-017-1333-8
- CLARK, B.; BUTTON, C. Sustainability transdisciplinary education model: interface of arts, science, and community (STEM). **International Journal of Sustainability in Higher Education**, v. 12, n. 1, p. 41-54, 2011. Doi: 10.1108/14676371111098294
- COMPESA - Companhia Pernambucana de Saneamento. **Transparência**. Disponível em <https://servicos.compesa.com.br/> Acesso em Out. 2020.
- EDWARDS, M.; FERRAND, N.; GOREAUD, F.; HUET, S. The relevance of aggregating a water consumption model cannot be disconnected from the choice of information available on the resource. **Simulation Modelling Practice and Theory**, v. 13, n. 4, p. 287-307, 2005. Doi: 10.1016/j.simpat.2004.11.008



II *Sustentare* – Seminário de Sustentabilidade da PUC-Campinas
V WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
17 a 19 de novembro de 2020

D'AGOSTINO, R.; PEARSON, E. Tests for departures from normality. Empirical results for the distribution of b_1 and b_2 . **Biometrika**, v. 60, p. 613–622, 1973.

GALLI, A.; IHA, K.; PIRES, S. M.; MANCINI, M. S.; ALVES, A.; ZOKAI, G.; LIN, D.; MURTHY, A.; WACKERNAGEL, M. Assessing the Ecological Footprint and biocapacity of Portuguese cities: Critical results for environmental awareness and local management. **Cities**, v. 96, e102442, 2020. Doi: 10.1016/j.cities.2019.102442

HOEKSTRA, A. Y. Human appropriation of natural capital: A comparison of ecological footprint and water footprint analysis. **Ecological Economics**, v. 68, n. 7, p. 1963-1974, 2009. Doi: 10.1016/j.ecolecon.2008.06.021

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Divisão regional do Brasil em mesor-regiões e microrregiões geográficas**. Brasília: IBGE, 1990.

INSTITUTO MAMIRAUÁ. **BioEstat 5.3**. Disponível em mamiraua.org.br. Acesso: Mar 2020.

JICKLING, B.; STERLING, S. **Post-Sustainability and Environmental Education: Remaking Education for the Future**. Cham: Palgrave Macmillan, 2017. DOI 10.1007/978-3-319-51322-5

MAPWINDOW5. **The MapWindow Project**. Disponível em mapwindow.org Acesso: Mar 2020.

MEC - MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. **BNCC – Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: MEC, 2018.

NIESWIADOMY, M. L. Estimating Urban Residential Water Demand - Effects of Price Structure, Conservation, and Education. **Water Resources Research**, v. 28, n. 3, p. 609-615, 1992. Doi: 10.1029/91WR02852

OSBORN, S. G.; VENGOSH, A.; WARNER, N.; JACKSON, R. Methane contamination of drinking water accompanying gas-well drilling and hydraulic fracturing. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 108, n. 20, p. 8172-8176, 2011. Doi: 10.1073/pnas.1100682108

POFF, N. L. et al. River flows and water wars: emerging science for environmental decision making. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 1, n. 6, p. 298-306, 2003. Doi: 10.1890/1540-9295(2003)001[0298:RFAWWE]2.0.CO;2

PROFCIAMB/NACIONAL. **Banco de Dissertações**. Disponível em <http://www.proficiamb.eesc.usp.br/> Acesso em Nov. 2020.

PROFCIAMB/UFPE. **Egressos**. Disponível em www.ufpe.br/proficiamb Acesso em Out. 2020.

REHMAN, S.; AL-HADHRAMI, L. M.; ALAM, M. M. Pumped hydro energy storage system: A technological review. **Renewable & Sustainable Energy Reviews**, v. 44, p. 586-598, 2015. Doi: 10.1016/j.rser.2014.12.040



II *Sustentare* – Seminário de Sustentabilidade da PUC-Campinas
V WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
17 a 19 de novembro de 2020

SANTANA, O. A. Resistência social na Caatinga árida: a narrativa de quem ficou no colapso ambiental. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 38, p. 419-438, 2016. Doi: 10.5380/dma.v38i0.43574

SANTANA, O. A.; LIMA, C. DE; MELO, R. B. DE; DUARTE, C. V. DE M. C.; SOUZA, S. C. DE; LIMA, M. L. DE F.; ARAGÃO, I. D.; CORTEZ, J. S. A. Ensino de Ciências Ambientais rumo à profissionalização: uma análise cientométrica. **RBPG. Revista Brasileira de Pós-Graduação**, v. 14, p. 1-17, 2017. Doi: 10.21713/2358-2332.2017.v14.1443

SANTANA, O. A.; ENCINAS, J. I. ; SOUSA, B. A. ; MONTE, S. R. S. ; COSTA, V. S. O. Aridity index over time in five ecosystems on semiarid. **Journal of Hyperspectral Remote Sensing**, v. 9, p. 138-145, 2019. Doi: 10.29150/jhrs.v9.3.p138-145

SECRETARIA DE EDUCAÇÃO DE PERNAMBUCO. **Sistema de Informação da Educação de Pernambuco**. Disponível em <http://www.educacao.pe.gov.br/> Acesso em Out. 2020.

UN – United Nation. **Sustainable Development Goals**. Disponível em un.org/sustainabledevelopment/ Acesso em Out. 2020.

WALES, D. J.; HODGES, M. P. Global minima of water clusters (H₂O)(n), n ≤ 21, described by an empirical potential. **Chemical Physics Letters**, v. 286, n. 1-2, p. 65-72, 1998. Doi: 10.1016/S0009-2614(98)00065-7

WACKERNAGEL, M.; LIN, D.; EVANS, M.; HANSCOM, L.; RAVEN, P. Defying the Footprint Oracle: Implications of Country Resource Trends. **Sustainability**, v. 11, n. 7, 2019. Doi: 10.3390/su11072164

WACKERNAGEL, M.; BEYERS, B. **Ecological Footprint: Managing our Biocapacity Budget**. Gabriola Island: New Society Publishers, 2019.

ZAR, J. H. **Biostatistical analysis**. 4th ed. New Jersey: Prentice Hall, 1999. 123 p.