DESENVOLVIMENTO DE UMA APLICAÇÃO MULTIPLATAFORMA DE TOMADA DE DECISÃO DE CARDÁPIOS SUSTENTÁVEIS UTILIZANDO O MÉTODO AHP INTEGRADO AO PROMETHEE

**Samuel Leite Aguiar [[1]](#footnote-1)**

**Ítalo Thales Barros Gouveia Diniz [[2]](#footnote-2)**

**Amanda Jéssica da Silva Monte [[3]](#footnote-3)**

**Rodolfo José Sabiá [[4]](#footnote-4)**

Meio Ambiente, Tecnologia e Produção.

# RESUMO

Em nosso cotidiano podemos observar uma maior valorização do conceito de consumo direto da água, porém o consumo indireto é pouco falado, isto se dá porque o contato diário nas atividades são mais fáceis de serem notados e mensurados. Em contrapartida, a água que é utilizada na produção de alimentos chamada: água indireta, é muitas vezes um valor consideravelmente mais alto do que o gasto no consumo direto. Dessa forma, a alimentação representa um dos maiores contatos com o consumo de água direta e indireta. É nessa perspectiva que definir quais os alimentos mais sustentáveis para o consumo, está relacionado a uma melhor gestão dos recursos hídricos, possibilitando um consumo consciente a partir de alimentos que utilizam menos água direta e indireta, ou seja, o conceito de pegada hídrica, é um indicador que muitas vezes é difícil de mensurar, com isso o objetivo deste trabalho é definir quais os alimentos que têm menores indicadores de pegada hídrica ou o que mais se adequa ao de acordo com os seus critérios. Com isso foram impactados 30.000 alunos, professores, diretores e merendeiras das escolas municipais vinculadas ao PNAE, que foi realizado em Juazeiro do Norte-CE. Assim foi-se criando-se o programa “ D’comer” que será uma multiplataforma digital utilizando conceitos do AHP, PROMETHEE II e o indicador de pegada hídrica. De acordo com os resultados provou ser uma ferramenta poderosa para selecionar os produtos alimentícios.

**Palavras-chave:** AHP. Alimentos. Pegada Hídrica. PROMETHEE. Sustentabilidade. sustentáveis.

**DEVELOPMENT OF A MULTIPLATFORM DECISION-MAKING APPLICATION FOR SUSTAINABLE MENUS USING THE AHP METHOD INTEGRATED WITH PROMETHEE**

# ABSTRACT

In our daily lives, we can observe a greater appreciation of the concept of direct water consumption, but indirect consumption is little talked about, this is because the daily contact in activities is easier to be noticed and measured. On the other hand, the water that is used in the production of food called: indirect water, is many times a value considerably higher than that spent in direct consumption. Thus, food represents one of the main contacts with direct and indirect water consumption. It is in this perspective that defining which foods are the most sustainable for consumption is related to better management of water resources, enabling conscious consumption based on foods that use less direct and indirect water, that is, the concept of water footprint, is essential. an indicator that is often difficult to measure, so the objective of this work is to define which foods have the lowest water footprint indicators or what is most suitable according to your criteria. As a result, 30,000 students, teachers, directors and cooks from municipal schools linked to the PNAE, which was held in Juazeiro do Norte-CE, were impacted. Thus, the “D’comer” program was created, which will be a digital multiplatform using concepts from AHP, PROMETHEE II and the water footprint indicator. According to the results it proved to be a powerful tool for selecting food products.

**Keywords:** AHP. Foods. Water Footprint. PROMETHEE. Sustainability. sustainable.

# 1 INTRODUÇÃO

No cenário global atual, pesquisas relacionadas a uma melhor gestão da água, juntamente com indicadores de sustentabilidade e métodos de tomada de decisão, têm se consolidado em ambientes acadêmicos e sociais, garantindo que ferramentas e abordagens possam ajudar cidades, regiões ou países específicos a melhorar a gestão da água. O uso da tecnologia também é essencial para disseminar o conhecimento sobre soluções e métodos que ajudem o ser humano a se tornar um cidadão mais responsável com a natureza e seus recursos naturais. Saber consumir água de forma consciente é uma tarefa real e crescente nos dias de hoje, pois esse recurso é essencial para toda a humanidade, não só para o consumo direto, mas também para a agricultura, a indústria ou o setor doméstico.

Considerando que uma melhor gestão por meio do uso indireto da água pode ser mais difícil de entender e visualizar, pois é mais fácil identificar e medir o uso direto da água, isso é, estar presente em seu cotidiano, como lavar louças, casas, carros etc, ou seja, em situações em que há contato real com a água. Apesar disso o consumo indireto de água geralmente excede o consumo direto de água. Portanto, a pesquisa e divulgação do uso direto e indireto da água é um fator importante para uma melhor gestão dos recursos hídricos, assim o indicador de pegada hídrica é baseado nesse raciocínio. A pegada hídrica é um indicador do uso da água que considera não apenas o seu uso direto por um consumidor ou produtor, mas, também, seu uso indireto.

A pegada hídrica emerge como um indicador de sustentabilidade e mede a quantidade de água em todo o processo produtivo, tanto direta quanto indiretamente, é muito fácil mostrar uma pessoa inconsciente ao deixar uma torneira aberta, mas na maioria das vezes a população é difícil de entender, que um prato de comida pode ser um gasto muito grande, já que, por exemplo, comprar um quilo de carne consome indiretamente 15.600 litros de água.

A avaliação da pegada hídrica é uma ferramenta analítica que ajuda a entender como suas atividades e produtos interagem com a escassez e a poluição da água. (HOEKSTRA et al., 2011).

Os métodos de tomada de decisão multicritério são métodos que ajudam a tomar decisões complexas sobre um determinado tópico ou campo de estudo. Os métodos de tomada de decisão relacionados à gestão de recursos hídricos, são ferramentas importantes para identificar opções e critérios para atender a múltiplos objetivos.

O método AHP (Analytic Hierarchy Process) trata de um método de agregação aditivo com uma ênfase em procedimento próprio para modelagem das preferências de quem irá decidir. Foi proposto por Saaty (1977) e apresenta uma forma bem estruturada para estabelecer os objetivos e critérios numa forma hierárquica (SAATY, 1996). Os métodos da família PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation) também se baseiam em duas fases: construção de uma relação de sobreclassificação, agregando informações entre as alternativas e os critérios, e exploração dessa relação para apoio a decisão (BRAS; MARESCHAL, 2002).

Sob esse ponto de vista, o presente trabalho realizado em 2022 visa criar um programa de avaliação dos alimentos mais sustentáveis, utilizando a metodologia AHP, PROMETHEE e os critérios da pegada hídrica, assim foram impactados 30.000 alunos, professores, diretores e merendeiras das escolas municipais vinculadas ao PNAE, informando e conscientizando a sociedade sobre o uso direto e indireto da água e sua racionalização, com foco nas escolas públicas do município de Juazeiro do Norte – CE, criando cardápios sustentáveis, auxiliando os tomadores de decisão. O D’comer avalia e fornece os substitutos alimentares mais sustentáveis relacionados a outro alimento selecionado pelo usuário para fornecer a criação de um menu sustentável.

O objetivo deste trabalho foi desenvolver um programa para auxiliar a sociedade a decidir sobre alimentação sustentável a fim de incentivar o uso consciente nas escolas públicas de Juazeiro Norte - CE. Os objetivos específicos deste estudo são: identificar a importância dos indicadores de sustentabilidade; aplicar o D’comer à sociedade, com foco nas escolas públicas; proporcionar o uso racional e consciente da água.

# 2 REFERENCIAL TEÓRICO

# 2.1 Pegada hídrica

A pegada hídrica é uma medida do consumo de água que leva em conta não apenas o consumo direto do consumidor ou produtor. Mas também uso indireto. A pegada hídrica pode ser vista como um indicador abrangente da distribuição dos recursos hídricos, em oposição ao conceito tradicional e restringido de captação de água (HOEKSTRA et al., 2011).

A avaliação da pegada hídrica é uma ferramenta analítica que vem sendo muito utilizada para ajudar a entender como as atividades e produtos afetam a escassez e a poluição da água e seus efeitos associados. Para os cálculos de pegada hídrica dos cardápios foi-se utilizada categorias de alimentos e as unidades de medida (à la carte) são estabelecidos e adaptados de Hoekstra 2011.

# 2.2 Pegada hídrica direta e/ou indireta

Embora a pegada hídrica direta tenha sido tradicionalmente o foco de consumidores e empresas, a pegada hídrica indireta é normalmente muito maior. Ao abordar apenas a pegada hídrica direta, os consumidores negligenciam que a maior parte de sua pegada hídrica direta está relacionada aos produtos que compram em supermercados e outros lugares e não à água que consomem em casa. Para a maioria das empresas, a pegada hídrica em sua cadeia produtiva é muito maior do que em suas próprias operações. Portanto, ignorar esse componente pode levar a investimentos em melhorias no uso operacional da água da empresa, embora investimentos em melhorias na cadeia produtiva que possam ser mais econômicos. No entanto, dependendo do objetivo de um determinado estudo, pode-se optar por incluir apenas pegadas hídricas diretas ou indiretas na análise. Há uma certa analogia no escopo aqui, como na contabilidade da pegada de carbono (HOEKSTRA et al., 2011).

Podemos observar que no cotidiano o uso direto da água é muito se comentado o que se dá pelo contato tangível nas atividades, porém o uso indireto da mesma muitas das vezes superior não é tanto se falado e de conhecimento da população.

# 2.3 Grupos alimentares

Os grupos alimentares são as divisões de uma pirâmide alimentar. Segundo Philippi (1999), os grupos alimentares estão divididos em oito que são:

a) Pães, cereais, raízes e tubérculos (pães, farinhas, massas, bolos, biscoitos, cereais

matinais, arroz, feculentos e tubérculos: 5 porções no mínimo a 9 no máximo);

b) Hortaliças (todas as verduras e legumes, com exceção das citadas no grupo

anterior;

c) Frutas (cítricas e não cítricas: 3 porções no mínimo, 5 no máximo);

d) Carnes (carne bovina e suína, aves, peixes, ovos, miúdos e vísceras: 1 porção no mínimo, 2 no máximo);

e) Leite (leites, queijos e iogurtes: 3 porções);

f) Leguminosas (feijão, soja, ervilha, grão de bico, fava, amendoim: 1 porção);

g) Óleos e gorduras (margarina/manteiga, óleo: 1 porção no mínimo, 2 no máximo);

h) Açúcares e doces (doces, mel e açúcares: 1 porção no mínimo, 2 no máximo).

Uma alimentação pode conter um ou mais grupos alimentares, geralmente as refeições são classificadas como: Café da manhã, almoço e jantar, assim fica a critério do usuário escolher qual ou quais categorias irá consumir e seus alimentos.

# 2.4 Definição dos critérios e utilização do AHP e PROMETHEE

Primeiramente foram utilizados os métodos AHP e PROMETHEE como base de cálculo de todos os critérios a serem utilizados para identificação dos alimentos mais sustentáveis. Foram utilizados sete (7) critérios:

Tabela 1 – Critérios utilizados

|  |  |
| --- | --- |
|  Critérios |  Função |
| Disponibilidade de ser encontrado | Um critério qualitativo de cinco pontos demonstra a disponibilidade de determinado alimento para ser encontrado no mercado local da região, com o objetivo de maximizar. |
| Importação | Critério qualitativo de sim ou não, onde demonstra se o alimento é importado para a região ou é produzido na região, com o objetivo de minimizar. |
| Pegada Hídrica | Um critério quantitativo de unidade de L/Kg, que demonstra a quantidade de água direta e indireta necessária para a produção dedeterminado alimento, com o objetivo de minimizar. |
| Preço do alimento | Um critério quantitativo com unidade em R$ e com objetivo deminimizar. |
| Valor energético | Um critério quantitativo de unidade kcal, onde demonstra o valor energético de determinado alimento. O objetivo é maximizar. |
| Dificuldade de produção | Um critério qualitativo de cinco pontos, demonstrando o nível de dificuldade de o alimento ser produzido. O objetivo é minimizar. |
| Alimento nativo | Um critério qualitativo de sim ou não, onde demonstra se o alimento é nativo da região ou não. O objetivo é maximizar. |

 Fonte: próprios autores

Assim é possível determinar os pesos de cada critério com o método AHP, criando-se a matriz, como mostrado na tabela 2 abaixo.

Tabela 2 – Escala de comparação dos critérios no *AHP*

|  |  |
| --- | --- |
| **Pontuação (peso)** | **Definição** |
| 1 | Igual importância |
| 3 | Importância fraca |
| 5 | Importância forte |
| 7 | Importância muito forte |
| 9 | Importância absoluta |
| 2, 4, 6, 8 | Valores intermediários |

Fonte: Saaty 1977.

Comparando todos os critérios par a par, assim será possível cada autor determinar os pesos de cada critério. Após obter todos os pesos, serão adicionados no cálculo do PROMETHEE, ver Tabela 3.

Tabela 3 – Tabela de critérios e pesos calculados no AHP

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Critérios** | **Objetivo** | **Peso do critério** |
| Disponibilidade | maximizar |  X1 |
| Pegada hídrica | minimizar |  X2 |
| Importação | minimizar |  X3 |
| Processo de fabricação | maximizar |  X4 |
| Alimento nativo | maximizar |  X5 |
| Valor energético | maximizar |  X6 |
| Preço | minimizar |  X7 |

Fonte: próprios autores

No PROMETHEE foi feita a análise de cada critério adicionando os pesos calculados na Tabela 3. Assim será feito para cada categoria sendo elas: pães e cereais; hortaliças; frutas; carnes e derivados; leguminosas; líquidos; óleos e gorduras; açúcares e doces.

Logo após, foi-se realizado o cálculo de ranking das alternativas usando o método PROMETHEE II para cada categoria, encontrando os melhores alimentos, assim auxiliando o tomador de decisor.

Foi-se utilizada uma planilha no *Google Planilhas* para auxiliar nestes cálculos e disponível para a visualização no link: <https://docs.google.com/spreadsheets/d/17mfKiunmuFcBJmqvPhgQ4f0YzijpFfts/edit?usp=sharing&ouid=114466089599126899011&rtpof=true&sd=true>

# 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

# Foi desenvolvida a versão inicial do D’comer que pode ser acessada em multiplataformas. A interface do D’comer começa com o registro e login na plataforma, gerando uma conta para cada usuário. Após o login, terá o início que o poderá criar um cardápio assim o usuário será encaminhado para preencher os campos com dados onde deverá informar: nome do cardápio; escola ou instituição; município; estado; faixa etária; refeição; região.

# Então, após preencher os dados obrigatórios acima, o usuário poderá criar seu cardápio com base no alimento selecionado, e o D’comer atuará como intermediário e decidirá quais alimentos são os melhores e também informará a pegada hídrica do seu cardápio. Dessa forma, os usuários do D’comer adicionarão ou substituirão o que se adequa melhor as suas preferências.

# Essa pesquisa mostra que essa metodologia unindo a tecnologia e métodos estatísticos como o AHP e o PROMETHEE, pode se tornar uma ferramenta de grande potencial, pois irá proporcionar cardápios mais adequados a cada indivíduo com o viés sustentável. Caso deseja conhecer pode ser acessado por: <https://sabia.net.br/dcomer/>

# A interface o programa possui comandos fáceis e interativos para que facilite a navegação do usuário:

**Figura 01 -** Interface do D’comer



 **Fonte**: Autores, 2022.

# O detalhamento do cardápio é muito importante pois a sua visualização informará seus alimentos e outras informações:

**Figura 01 -** Interface do D’comer



 **Fonte**: Autores, 2022.

# 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Evidencia-se que pequenas mudanças nos hábitos podem reduzir significativamente o desperdício de água, e a pegada hídrica pode ser direta e indireta, sendo a maior parte o consumo de produtos que contêm água no processo produtivo. A população não tem ideia real de quanta água precisa para obter um determinado alimento. Com base nesses fundamentos, este artigo foi elaborado com o objetivo de sintetizar o conceito de indicadores de sustentabilidade e sua contribuição para a gestão dos recursos hídricos.

O método AHP combinado com o PROMETHEE provou ser uma ferramenta poderosa para selecionar os produtos alimentícios dentro dos critérios selecionados região metropolitana do Cariri. Dessa forma, pode-se concluir que a criação de tomadores de decisão do cardápio sustentável, demonstra a importância dos indicadores de sustentabilidade para o uso racional da água por meio de indicadores de pegada hídrica. O programa D’comer traz de forma simplificada a condição de um indivíduo calcular a pegada hídrica e decidir um cardápio que se enquadre nos seus critérios.

 O método AHP combinado com o PROMETHEE provou ser uma ferramenta poderosa para selecionar os produtos alimentícios dentro dos critérios selecionados região metropolitana do Cariri. Dessa forma, pode-se concluir que a criação de tomadores de decisão do cardápio sustentável, demonstra a importância dos indicadores de sustentabilidade para o uso racional da água por meio de indicadores de pegada hídrica.

**5 AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem à Universidade Regional do Cariri (URCA) por promover e incentivar a pesquisa e a produção científica.

# REFERÊNCIAS

BANKS, A.; PORCELLO, E. **Learning React: Functional Web Development With React and Redux.** ISBN 978-1-491-95462-1. O’Reilly Media. 2017.

HOEKSTRA, Arjen Y.; CHAPAGAIN, Ashok; ALDAYA, Maite M.; MEKONNEN, Mesfin Mergia. **Manual de Avaliação da Pegada Hídrica: Estabelecendo o Padrão Global.** Earthscan, p. 216, 2011.

MARESCHAL, B.; DE SMET, Y.; NEMERY, P., **Rank reversal in the PROMETHEE II Method: Some New Results.** Proceedings of the 2008 IEEE IEEM, p. 959-963, 2008.

MEKONNEN, Mesfin Mergia; HOEKSTRA, Arjen Y. The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 15, n. 5, p. 1577– 1600, 2011.

SAATY, T. L, **The analytic hierarchy process**. New York: McGraw-Hill, 1980.

**Recebido em 16 de dezembro de 2022**

**Aceito em 29 de setembro de 2023**

1. [↑](#footnote-ref-1)
2. 1 Samuel Leite Aguiar, Universidade Regional do Cariri - URCA, Engenharia de Produção Mecânica, bolsista. E-mail: samuel.leite2020@urca.br [↑](#footnote-ref-2)
3. 2 Ítalo Thales Barros Gouveia Diniz, Universidade Regional do Cariri - URCA, Engenharia de Produção Mecânica voluntario/a. E-mail: italo.thales@urca.br [↑](#footnote-ref-3)
4. 3 Amanda Jéssica da Silva Monte, Universidade Regional do Cariri - URCA, Engenharia de Produção Mecânica voluntario/a. E-mail: amanda.jessica@urca.br

4 Rodolfo José Sabiá, Pós Doutor, Universidade Regional do Cariri - URCA, Engenharia de Produção Mecânica, orientador do projeto ou programa. E-mail: rodolfo.sabia@urca.br [↑](#footnote-ref-4)