

AVALIAÇÃO DE ECOEFICIÊNCIA COMO FERRAMENTA DE SUPORTE AO GERENCIAMENTO DO DESPERDÍCIO DE ALIMENTOS. UM ESTUDO DE CASO EM UMA UNIDADE DE ALIMENTAÇÃO E NUTRIÇÃO UAN

ECO-EFFICIENCY ASSESSMENT AS A SUPPORT TOOL FOR FOOD WASTE MANAGEMENT: A CASE STUDY IN A FOOD AND NUTRITION UNIT (UAN)

EVALUACIÓN DE LA ECOEFICIENCIA COMO HERRAMIENTA DE APOYO A LA GESTIÓN DEL DESPERDICIO DE ALIMENTOS: UN ESTUDIO DE CASO EN UNA UNIDAD DE ALIMENTACIÓN Y NUTRICIÓN (UAN)

Mario dos Santos Bulhões¹, Maria da Conceição Pereira da Fonseca²

DOI: 10.54899/dcs.v22i85.3847

Recibido: 20/11/2025 | Aceptado: 24/11/2025 | Publicación en línea: 08/12/2025.

RESUMO

O desperdício de alimentos em Unidades de Alimentação e Nutrição (UAN) representa um desafio relevante para a sustentabilidade, devido aos custos econômicos envolvidos e aos impactos. Nesse contexto, a aplicação de indicadores de Ecoeficiência (EE) constitui uma estratégia econômica e ambiental, contribuindo para identificar as classes de alimentos mais críticas na geração de desperdício. O objetivo deste estudo foi avaliar a ecoeficiência de diferentes grupos alimentares em uma UAN universitária, destacando aqueles de maior impacto econômico e ambiental. Para isso, os alimentos foram agrupados por origem e categoria e analisados quanto ao custo (R\$/kg), volume de desperdício e indicadores ambientais, como Pegada Hídrica (PH) e Pegada de Carbono (PC). As classes foram representadas em gráfico de ecoeficiência e classificadas em quadrantes de alto, médio e baixo desempenho. Os resultados mostraram que Legumes/Cereais e Vegetais apresentaram baixa e média EE, respectivamente, em razão do elevado volume de desperdício, apesar do menor custo unitário. A classe carne vermelha destacou-se como a mais crítica, com desperdício diário de R\$ 809,51, perdas de 11% e os maiores valores de PH e PC (36 kg CO₂-eq/kg). O prejuízo total estimado alcançou R\$ 3.565,76 por dia. As demais classes apresentaram alta EE, com menores custos e perdas entre 1% e 6%. Esses achados reforçam que alimentos de origem animal tendem a gerar impactos ambientais mais elevados e confirmam que a EE é uma ferramenta eficaz para subsidiar decisões gerenciais e orientar estratégias de redução do desperdício e de promoção da sustentabilidade no contexto das UAN.

Palavras-chave: Ecoeficiência. Desperdício de Alimentos. Redução. Sustentabilidade.

¹ Doutor em Engenharia Industria, Universidade Federal da Bahia (UFBA), Salvador, Bahia, Brasil.

E-mail: mario29b@gmail.com Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-7246-3838>

² Doutora em Alimentos e Nutrição, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Salvador, Bahia, Brasil.

E-mail: mcfonseca@gmail.com

ABSTRACT

Food waste in Food and Nutrition Units (UAN) represents a significant challenge for sustainability due to the economic costs involved and the associated environmental impacts. In this context, the application of Eco-efficiency (EE) indicators constitutes an economic and environmental strategy that helps identify the food classes most critical to waste generation. The aim of this study was to evaluate the eco-efficiency of different food groups in a university UAN, highlighting those with the greatest economic and environmental impact. For this purpose, foods were grouped by origin and category and analyzed in terms of cost (R\$/kg), waste volume, and environmental indicators such as Water Footprint (WF) and Carbon Footprint (CF). The classes were represented in an eco-efficiency graph and classified into quadrants of high, medium, and low performance. The results showed that Legumes/Cereals and Vegetables presented low and medium EE, respectively, due to the high volume of waste, despite their lower unit cost. The red meat class stood out as the most critical, with a daily waste cost of R\$ 809.51, losses of 11%, and the highest WF and CF values (36 kg CO₂-eq/kg). The total estimated daily loss reached R\$ 3,565.76. The remaining classes showed high EE, with lower costs and waste rates between 1% and 6%. These findings reinforce that animal-based foods tend to generate higher environmental impacts and confirm that EE is an effective tool to support managerial decision-making and guide strategies for food waste reduction and sustainability promotion within UAN operations.

Keywords: Eco-Efficiency. Food Waste. Reduction. Sustainability.

RESUMEN

El desperdicio de alimentos en las Unidades de Alimentación y Nutrición (UAN) representa un desafío relevante para la sostenibilidad debido a los costos económicos involucrados y a los impactos ambientales asociados. En este contexto, la aplicación de indicadores de Ecoeficiencia (EE) constituye una estrategia económica y ambiental que permite identificar las clases de alimentos más críticas en la generación de desperdicios. El objetivo de este estudio fue evaluar la ecoeficiencia de diferentes grupos alimentarios en una UAN universitaria, destacando aquellos con mayor impacto económico y ambiental. Para ello, los alimentos fueron agrupados según su origen y categoría y analizados en función del costo (R\$/kg), el volumen de desperdicio y los indicadores ambientales, como la Huella Hídrica (HH) y la Huella de Carbono (HC). Las clases fueron representadas en un gráfico de ecoeficiencia y clasificadas en cuadrantes de alto, medio y bajo desempeño. Los resultados mostraron que Legumbres/Cereales y Vegetales presentaron baja y media EE, respectivamente, debido al elevado volumen de desperdicio, a pesar de su menor costo unitario. La categoría de carne roja se destacó como la más crítica, con un desperdicio diario de R\$ 809,51, pérdidas del 11% y los valores más altos de HH y HC (36 kg CO₂-eq/kg). La pérdida diaria total estimada alcanzó R\$ 3.565,76. Las demás clases presentaron alta EE, con menores costos y desperdicios entre el 1% y el 6%. Estos hallazgos refuerzan que los alimentos de origen animal tienden a generar mayores impactos ambientales y confirman que la EE es una herramienta eficaz para apoyar la toma de decisiones y orientar estrategias de reducción del desperdicio y promoción de la sostenibilidad en el contexto de las UAN.

Palabras clave: Ecoeficiencia. Desperdicio de Alimentos. Reducción. Sostenibilidad.



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución- NoComercial 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

INTRODUÇÃO

O crescimento populacional tem intensificado a demanda por recursos naturais essenciais à produção de alimentos, pressionando a sustentabilidade dos sistemas agroalimentares e elevando riscos à segurança alimentar global (FAO, 2020.). Esse contexto reforça a necessidade de estratégias integradas de gestão da cadeia de suprimentos que conciliem produção, preservação ambiental e uso eficiente dos recursos (Alcorn, Vega, Irvin, & Paez, 2021). Na cadeia produtiva de alimentos, avanços tecnológicos, melhorias operacionais e práticas sustentáveis têm sido destacados como alternativas para a diminuição das pressões nesses sistemas (Dagiliūtė & Musteikytė, 2019).

Paralelamente, diversos países têm fortalecido políticas voltadas à redução do desperdício de alimentos, reconhecendo seus impactos éticos, econômicos, sociais e ambientais (Meier et al., 2021). Contudo, apesar das iniciativas, a literatura indica que a aplicação de abordagens de ecoeficiência (EE) no setor de serviços de alimentação permanece incipiente, resultando em lacunas na mensuração integrada de consumo de água, energia, matéria-prima e custos associados ao desperdício. Estudos evidenciam que alimentos de origem animal apresentam maior impacto ambiental e financeiro, enquanto produtos vegetais — embora menos intensivos em recursos — registram maiores índices de desperdício devido à alta perecibilidade (V. J. Strasburg & Jahno, 2017).

Nesse cenário, cresce a demanda por práticas corporativas que aliem desempenho econômico e responsabilidade ambiental. A ecoeficiência surge como estratégia ao propor produtos e serviços com menor intensidade de recursos, respeitando limites planetários (Lévesque, Perreault, & Mikhaylin, 2024; WBCSD, 2000). Contudo, persistem desafios metodológicos, como a falta de padronização na coleta de dados ambientais. Estudos mostram que frutos do mar têm altos custos de desperdício, enquanto vegetais podem alcançar perdas de 40% a 50% (Economou et al., 2024). Assim, torna-se relevante investigar UAN universitárias para compreender a criticidade dos alimentos desperdiçados e seus impactos econômico-ambientais.

Considerando esse panorama e as limitações identificadas na literatura sobre o uso da ecoeficiência em serviços de alimentação, torna-se imprescindível avançar em análises que

integrem custos, desperdícios e impactos ambientais. Assim, o presente estudo tem como objetivo avaliar a ecoeficiência dos diferentes grupos alimentares classificados, identificando aqueles de maior criticidade para a gestão de recursos e a geração de impactos ambientais. Ao fazê-lo, busca-se oferecer uma ferramenta analítica capaz de apoiar decisões gerenciais mais precisas e contribuir para o desenvolvimento de estratégias sustentáveis de redução do desperdício de alimentos.

O Desperdício de Alimentos no Food Service: Conceitos, Definições e Panorama

No entendimento de “garantir padrões” de consumo sustentáveis as Nações Unidas NU em 2015 definiram os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Sendo possível destacar, a meta 12.3 a qual refere-se ao desperdício de alimentos: o texto cita como meta para o ano de 2030 a redução pela metade do desperdício de alimentos global per capita, nos níveis de varejo e consumo, como também as perdas de alimentos ao longo FSC, incluindo as perdas ocorridas na fase de pós-colheita” (Antônio, 2025).

Dentro dessa perspectiva, a Comissão Europeia (CE) assumiu o compromisso de cumprir com a meta dos ODS, incluindo-os em seu Plano de Ação de Economia. A CE também definiu o desperdício de alimentos como uma área prioritária a ser trabalhada (EuropeanCommission, 2015). Além disso, a CE especificou três questões principais a serem trabalhadas no sentido de alcançar o objetivo definido, sendo elas: (1) o desenvolvimento de um método para medição dos desperdícios que seja comum em toda UE, como também a definição de indicadores e a criação de uma plataforma para integrar as ações e atividades desenvolvidas pelos Estados-Membros, além de outros tópicos relacionados a legislação e normativas.

No Brasil diversos Projetos de Lei estão tramitando na Câmara dos deputados e no Senado Federal. A grande maioria desses projetos normalmente tratam da autorização, ou mesmo, da obrigação por parte das empresas na área de *food service* de doarem o excedente produzido a entidades não governamentais a exemplo dos bancos de alimentos, como também direta ou indiretamente a pessoas em condições vulneráveis (Dos Santos et al., 2020). Para os autores (Peixoto & Pinto, 2016) tanto as instituições receptoras quanto os concessionários precisam assegurar e garantir os aspectos sanitários e de segurança dos alimentos conforme legislação vigente, “amparada na isenção dos primeiros de prejuízos à saúde dos consumidores finais, na falta de dolo ou negligência”.

Os conceitos e definições relacionados ao desperdício de alimento pode variar de acordo com a localidade, região ou momento onde estes foram gerados (Lebersorger & Schneider, 2011). A Figura 1 mostra causas relacionadas a geração do Desperdício no Serviço de Alimentos, mais especificamente nas etapas de distribuição e consumo.

Figura 1

Correspondência entre as etapas e as causas associadas ao desperdício no serviço de alimentação.



A organização inglesa WRAP é uma das poucas entidades que classifica o desperdício de alimentos em três categorias distintas: desperdício evitável, composto por alimentos ainda próprios para consumo; desperdício potencialmente evitável, formado por partes comestíveis dependendo do preparo ou hábito alimentar; e desperdício inevitável, referente a frações que normalmente não são ingeridas, como ossos e cascas de ovo (Quested & Johnson, 2009). Contudo, essa classificação apresenta limitações, pois o que é considerado comestível varia segundo fatores culturais, regionais e individuais. Estudos destacam que práticas culinárias distintas, como o uso de ossos para caldos, o consumo de peles ou a ingestão de cascas de frutas, tornam subjetiva a distinção entre o que é evitável e inevitável, mesmo com a existência da categoria intermediária “possivelmente evitável” (Beretta, Stoessel, Baier, & Hellweg, 2013; Corrado & Sala, 2018.)

Figura 2

Hierarquia de redução, recuperação e reciclagem do desperdício de alimentos.



Fonte: U.S. Environmental Protection Agency. Disponível em: www.epa.gov/sustainable-management-food

No processo de controle e mensuração do desperdício, três fatores principais são identificados: o Fator de Correção (FC), relacionado à remoção de partes não comestíveis; as sobras limpas ou sujas, correspondentes aos alimentos preparados e não distribuídos; e os restos ingestão, relativos à fração servida e não consumida (Abreu, Spinelli, & Zanard, 2009). Além disso, a hierarquia da EPA destaca que as ações prioritárias devem focar na redução do desperdício na fonte, seguidas de recuperação, reciclagem, compostagem e, por último, disposição em aterros, reforçando que prevenir a geração do resíduo é a estratégia mais eficaz.

REFERENCIAL TEÓRICO

Ecoeficiência

A literatura mostra que as técnicas e ferramentas mais utilizadas no processo de mensuração de desperdícios, como também seus impactos ambientais e econômicos associados são: a Análise do Ciclo de Vida – (ACV), Ecoeficiência – EE, Material Fluxo Análise - (MFA), sendo utilizado neste trabalho a Ecoeficiência – EE. A ecoeficiência tem sido utilizada em alguns estudos do setor de alimentos relacionados ao desperdício de alimentos. Entre esses estudos, (Maxime, Marcotte, & Arcand, 2006) desenvolveram indicadores de ecoeficiência que abordam os principais aspectos ambientais do setor, como consumo de energia, emissões de GEE, uso de água, geração de efluentes, resíduos orgânicos e resíduos de embalagens, em relação ao volume de produtos fabricados. Esse trabalho permitiu derivar ferramentas de avaliação para auxiliar a

indústria de alimentos a adotar iniciativas de produção mais limpa, capazes de melhorar seu desempenho e competitividade.

Os autores (Laso et al., 2018) utilizaram um índice de ecoeficiência para identificar os melhores cenários de produção na indústria de conservas de pescado, considerando a origem das espécies de anchova e diferentes alternativas de gestão de resíduos. No setor de serviço de alimentação, (V. J. Strasburg & Jahno, 2017) criaram três indicadores de ecoeficiência para a produção de refeições, os quais consideram o valor energético da refeição em calorias, o uso de insumos não alimentares (produtos de limpeza e descartáveis) e o impacto ambiental da refeição (pegada hídrica e quantidade de desperdício de alimentos).

O termo EE passou a ser adotado de maneira mais ampla após a Conferência Rio-92. Essa nomenclatura introduzida pelo World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) sendo considerado como uma das ferramentas para o auxílio das empresas privadas implantarem algumas das metas estabelecidas na Agenda 21(CEBDS, 2014). De acordo com o WBCSD, a EE prioriza o uso mais racional das matérias primas, como também o uso mais eficiente de insumos básicos como água e energia sob um enfoque econômico e ambiental (WBCSD, 2000).

Embora o conceito de EE esteja atrelado ao conceito de sustentabilidade, o qual, por definição, abrange três dimensões -- ambiental, social e a econômica, conhecida como abordagem triple bottom line, a EE propriamente dita não leva em consideração o aspecto social, abrangendo dessa forma apenas as esferas ambiental e econômica (V. J. Strasburg & Jahno, 2017). A influência ambiental quantifica o efeito sobre o meio ambiente (em termos de quantidade de recursos utilizados ou a poluição gerada, já a econômica, por sua vez, repercute nos custos relacionados ao desperdício praticado pela organização (Maxime et al., 2006). Embora a ferramenta não considere o aspecto social em sua aplicação, seus resultados refletem positivamente na sociedade através dos benefícios ambientais e da redução da insegurança alimentar.

O WBCSD cita como indicadores ambientais aplicáveis à análise da EE os de: consumos de energia, de materiais, de água, insumos agrícolas e de poluentes químicos (WBCSD, 2000).

METODOLOGIA

O estudo foi realizado em uma UAN, que atende cerca de 2.300 usuários por dia e distribui refeições subsidiadas em regime terceirizado. A unidade oferece almoço e jantar com cardápio

padronizado composto por saladas, arroz, feijão, guarnição, opções onívoras e vegetariana, sobremesa e bebida. Os dados analisados referem-se ao desperdício de alimentos registrado em bases secundárias fornecidas por um projeto de pesquisa da universidade e pela empresa gestora, considerando um período de 30 dias do mês de novembro de 2024, escolhido pela maior consistência das informações coletadas.

Caracterização e Descrição da Localidade do Estudo e das Amostras

O estudo foi realizado em um Serviço de Alimentação universitário situado em Salvador (BA), que atende uma comunidade acadêmica de grande porte, composta por 39.795 estudantes de graduação e 6.172 de pós-graduação, totalizando 650.383 refeições subsidiadas no período analisado. A operação funcionava sob gestão terceirizada, com produção e distribuição de almoço e jantar em três unidades, sendo a UAN estudada responsável por cerca de 2.300 refeições diárias, com cardápio padronizado composto por saladas, arroz, feijão, guarnição, duas opções onívoras, uma opção vegetariana, sobremesa e bebida. Os dados utilizados referem-se a registros secundários de desperdício provenientes de um projeto de pesquisa e da empresa responsável pela gestão do serviço. A análise contemplou 30 dias do mês de novembro de 2024, selecionado por apresentar maior consistência e qualidade no monitoramento das medições ao longo do período.

Classificação das Amostras e Aplicação da EE

Os alimentos foram classificados em 02 grandes grupos: origem animal e origem vegetal, subdividido em 07 classificações, sendo elas (Carne vermelha, Peixe, Frango, Porco, Vegetais, Legumes e Cereais, Mistura). Para determinar a ecoeficiência das diferentes classes estabelecias o parâmetro custo foi comparado ao parâmetro ambiental. O parâmetro de custo utilizado foi reais (R\$/kg) de alimentos e o parâmetro ambiental correspondente a Pegada Hídrica PH e de Carbono kg CO₂-eq relacionado ao montante de desperdício. Como os alimentos foram agrupados por classe, foi necessário calcular o custo médio de cada classe, com base no custo unitário dos itens que compõem cada classe e assim poder multiplicar pelo seu volume de desperdício correspondente. As razões de ecoeficiência foram plotadas em um gráfico onde o eixo y representava o custo dos alimentos por classe e o eixo x representava a porcentagem de desperdício das classes correspondentes. O gráfico foi dividido em quatro quadrantes, ilustrando

o nível de ecoeficiência (alta, média ou baixa).

É importante destacar as limitações impostas ao desenvolvimento deste estudo. É possível que uso de médias de consumo de todas as matérias-primas para cada classe possam apresentar variações de seus valores reais.

Em relação aos cálculos de pegada seja ela hídrica, carbono ou ecológica, sempre serão utilizadas tendências e não valores absolutos, isso porque, para a mensuração dos indicadores de influência ambiental em uma Análise de Ciclo de Vida (ACV), os valores referentes as Pegadas Hídrica (PH) e de Carbono (CO₂) serão sempre estimativas da média mundial e não da região onde o estudo foi realizado (Palhares, 2014). No entanto, as escolhas dessas referências justificam-se pelo seu uso em outros estudos já publicados e consolidados. Outro aspecto limitante, diz respeito a utilização de dados da literatura para calcular os FC que dizem respeito as partes possivelmente não comestíveis dos alimentos, onde estes, podem variar em relação aos praticados na UAN. Em relação aos percentuais de resto ingestão foram utilizados dados secundários de estudos realizados nos anos de 2019 na própria UAN.

Definição dos Indicadores

As equações para a realização da análise por ecoeficiência foram adaptadas de outros trabalhos (Li, Hui, Leung, Li, & Xu, 2010; V. J. Strasburg & Jahno, 2017 ; Thamagasorn & Pharino, 2019). Para (Rees & Wackernagel, 1996) os cálculos básicos para as estimativas da EE são conceitualmente simples.

$$EE=CD/IA \quad (Eq.01)$$

$$EE=TD/IA \quad (Eq 02)$$

Figura 3

Indicadores para cálculo da ecoeficiência

Custo total associado ao desperdício	$CD = TD * CU$
Total de desperdício	$(TD) = RFC + RS$
Resíduos Fator de Correção	$RFC = \frac{\sum_{i=1}^n RFCi (kg)}{\sum Insumos in natura (kg)}$
Resíduos sobras limpas e sujas	$RS = \frac{\sum_{i=1}^n RSCi (kg)}{\sum volume de preparação (kg)}$
Pegada Hídrica	$PH = \sum_{i=1}^n PHCi (l/kg) * \sum_{i=1}^n TDCi (kg)$
Pegada carbono	$PC = \sum_{i=1}^n PCCi (kg CO2eq) * \sum_{i=1}^n TDCi (kg)$
Influencia Ambiental	$IA = PC + PH$

Onde,

IA = Influência Ambiental,

CD = Custo total associado ao desperdício (R\$/kg),

CU= Custo médio unitário (kg)

TD = Total de desperdício (kg),

PH = Pegada Hídrica (l/kg),

PHci = Pegada Hídrica por classe (l/kg),

PC = Pegada carbono (kg CO2eq),

PCci = Pegada carbono por classe (kg CO2eq),

RFC = Resíduos fator de correção (kg),

RFCci= Resíduos fator de correção por classe (kg),

RS = Resíduos sobras limpas e sujas (kg),

RSci= Resíduos sobras limpas e sujas por classe (kg)

Para o cálculo da influência ambiental foram selecionados os seguintes itens:

- Quantificação do desperdício total de cada alimento em valores absolutos (kg), resíduos do fator de correção (RFC), sobras limpas e sujas (RS).
 - Pegada Hídrica (PH) dos alimentos;
 - Pegada de carbono (CO2) dos alimentos;
- Custo total associado ao desperdício

Figura 4

Valores de referência de PH e PC, custo unitários das classes R\$.

Classes	PH	PC	Custo unitário R\$/kg
Carne vermelha	15.500	24	11,72
Peixe	2.870	3	14,10
Frango	3.900	6	7,40
Porco	4.800	7	11,71
Vegetais	770	1	4,94
Legumes e Cereais	1.791	0,4	2,78
Mistura	2060	2	4,50

Fonte: (García-Herrero, Gibin, Damiani, Sanyé-Mengual, & Sala, 2023; R. Guido, 2020)

Pressupostos e Limitações

Para a realização do cálculo da Pegada Hídrica PH e da Pegada de Carbono PC a partir dos desperdícios foram considerados valores de referência preconizados pela literatura (Mekonnen & Hoekstra, 2011; Tongwane et al., 2016; Vettera et al., 2017). É importante destacar que não foi considerada nos cálculos a adição de água para a realização das preparações.

Vale ressaltar que para avaliação das incertezas expandidas de medição, foi considerado uma probabilidade de abrangência de 95,45%, cujo fator de abrangência associado é de 2 (dois), conforme estabelecido no Guia para Expressão da Incerteza de Medição (GUM) (BIPM, 2008). A mesma incerteza do cenário base foi assumida para o cenário proposto.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Análise de Ecoeficiência

A Figura 5 mostra os resultados da análise de ecoeficiência para o sistema produtivo considerando as classes dos gêneros alimentícios utilizados pela UAN para a produção das refeições. Já a Tabela 1 apresenta os desperdícios diários por classe, como também seu custo médio unitário e total, sendo possível observar um valor bastante expressivo R\$3.565,76 dia.

Tabela 1

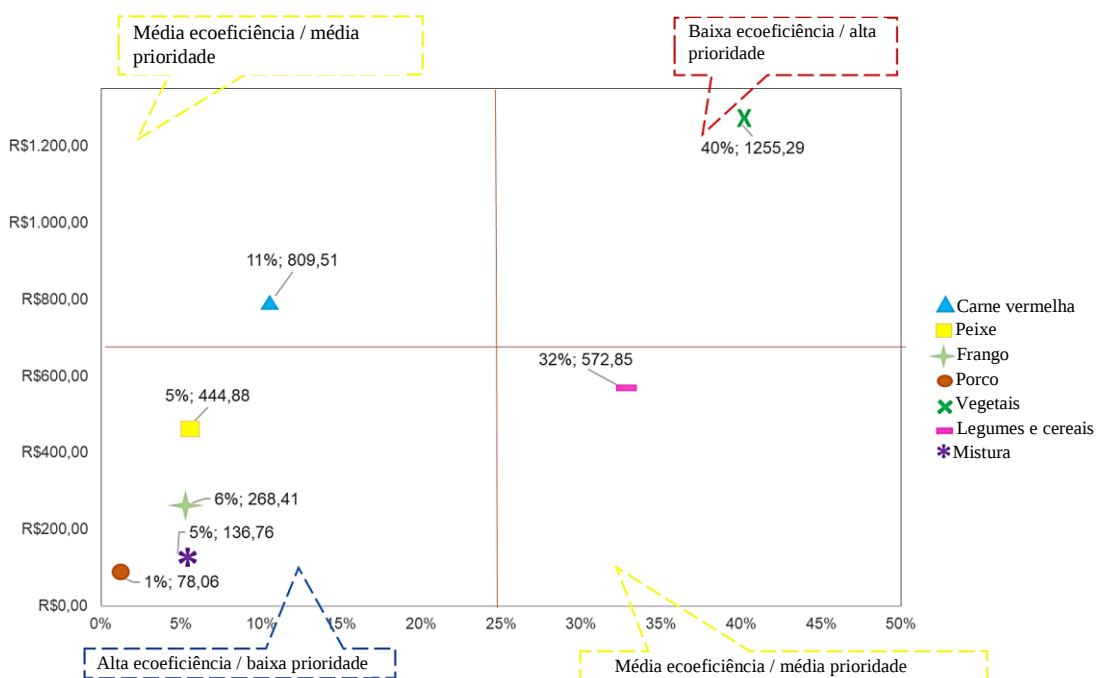
Média diária de desperdício de alimentos (sobras limpas e sujas e desperdício FC em (t), seu percentual e custo por classes.

Classes	Cozinha quente (kg)	Cozinha Fria (kg)	Total (kg)	Media consumo diário (kg)	Desperdício (%)	Custo unitário desperdício (R\$)	Custo total do desperdício (R\$)
Carne Vermelha	69,06		69,06	181,72	11%	R\$ 11,72	R\$ 809,51
Peixe	31,56		31,56	183,10	5%	R\$ 14,10	R\$ 444,88
Frango	36,27		36,27	202,13	6%	R\$ 7,40	R\$ 268,41
Porco	7,08		7,08	60,52	1%	R\$ 11,03	R\$ 78,06
Vegetais		254,33	254,33	115,04	40%	R\$ 4,94	R\$ 1.255,29
Legumes Cereais	206,03		206,03	822,08	32%	R\$ 2,78	R\$ 572,85
Mistura	30,39		30,39	156,04	5%	R\$ 4,50	R\$ 136,76
Total	380,40	254,33	634,73	1.720,63	100%	R\$ 56,46	R\$ 3.565,76

A análise da ecoeficiência Figura 5 relacionou o parâmetro custo em reais (R\$) por quilograma de alimento que compõe cada classe e seu percentual de desperdício decorrente do FC e das sobras limpas e sujas. Esses resultados serão discutidos no próximo tópico.

Figura 5

Análise da ecoeficiência por classe de desperdício



Com todas as informações coletadas, foi possível relacionar o desperdício praticado e suas respectivas Pegadas PH e PC por classe, apresentados nas Figura 6 e 7, sendo discutidos mais à frente.

Figura 6

Pegada hídrica média mensal por classe.

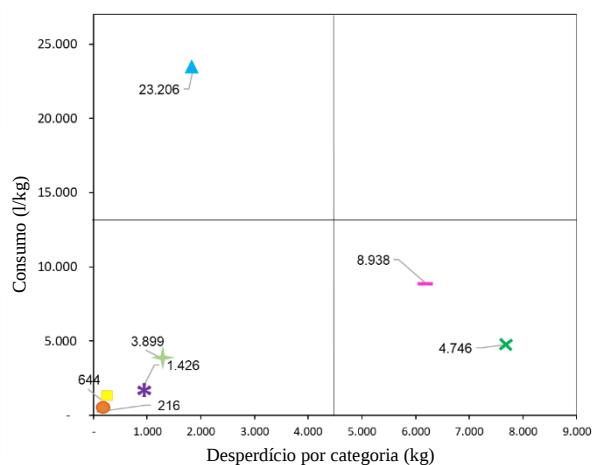
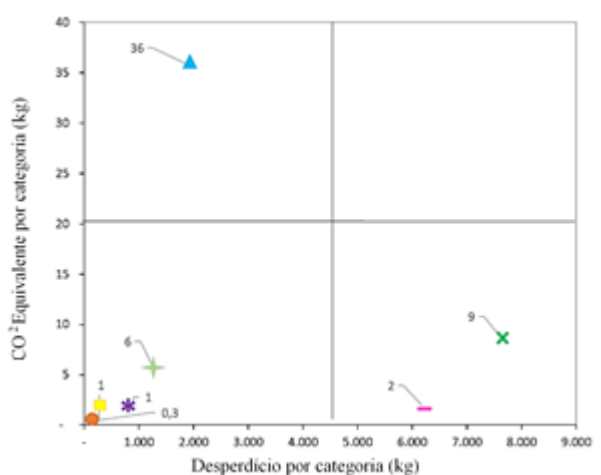


Figura 7

Pegada de carbono média mensal por classe.



Levando em consideração os princípios da EE, onde avalia-se uma melhor relação entre o desempenho econômico e o ambiental (WBCSD, 2000), foi calculada a EE das classes descritas na Tabela 2, considerando tanto o valor financeiro associado ao desperdício, como também os impactos ambientais decorrentes do consumo de recursos naturais e emissões, no caso deste estudo as quantidades para o cálculo das Pegadas Hídrica PH e de Carbono PC, dizem respeito

ao desperdício gerado.

Tabela 2

Valores de cálculo da ecoeficiência

Classes	Peixe	Frango	Porco	Carne vermelha	Legumes e Cereais	Vegetais	Mistura
Peso in natura (t/mês)	1.04±0.05	7.77±0.13	0.12±0.01	5.45±0.15	17.52±0.45	11.36±0.45	2.02±0.10
Desperdício FC (t/mês)	0.21±0.01	1.09±0.01	0.05±0.00	1.53±0.04	3.30±0.16	6.70±0.27	0.71±0.03
Sobras Limpas e Sujas (t/mês)	0.07±0.01	0.15±0.00	0.01±0.00	0.33±0.00	2.88±0.00	0.93±0.00	0.15±0.00
Total de desperdício (kg/Mês) (TD)	278.00±0.02	1,237.80±0.04	60.40±0.01	1,856.00±0.09	6,178.40±0.27	7,630.81±0.5	857.00±0.07
Total PH mês (LKg-1)	644.47±0.06	3,899.37±0.06	216.65±0.0	23,206.18±0.56	8,938.22±0.40	4,745.53±0.1	1,426.02±0.0
Total PC mês (kg CO2-eq)	1.0±0.00	6.0±0.00	2	35.93±0.00	8,938.22±0.40	7	6
Custo Total (R\$)	4,086.60	9,159.72	666.21	21,752.32	17,175.95	37,696.19	3,856.50
$EE = \frac{TD}{IAwf}$	0.43± 9.8E-05	0.31±2.3E-05	0.28±0.00	0.08±8.7E-06	0.69±8.6E-05	1.61±0.00	0.60±0.00
$EE = \frac{TD}{IAcft}$	278.00± 5.8E-05	206.30±1.2E-05	201.46±0.0	51.65±8.7E-06	2,574.33±8.6E-05	884.21±0.00	621.01±0.00

Onde, EE = Ecoeficiência; IA = Influência Ambiental = (PH + PC); R\$ = Moeda Brasileira; PH = Pegada Hídrica; PC = Pegada de Carbono.

A avaliação por EE possibilitou uma análise das classes levando em conta o aspecto econômico em função do volume de desperdício Figura 5. Embora as classes Legumes/Cereais e Vegetais não sejam as que possuam um maior custo por quilograma a exemplo da classe frutos do mar, que possui custo médio unitário de R\$ 14,10 por quilograma, estes localizam-se no 1º quadrante (Baixa Ecoeficiência) e 4º quadrante (Média Ecoeficiência) o que significa que estas classes apresentam uma baixa e média ecoeficiência em função de seu grande volume de desperdício e seu alto custo associado. Logo em seguida está a classe Carne Vermelha no 2º quadrante (Média Ecoeficiência) em função de seu alto custo associado ao desperdício R\$ 809,51 dia e médio desperdício cerca de 11%. As demais classes localizam-se no 3º quadrante (Alta Ecoeficiência) em função de seu baixo custo associado ao desperdício variando entre (R\$78,06 - R\$ 444,88) dia e baixo desperdício entre 1 – 6%.

Essa abordagem por EE pode ajudar na identificação dos alimentos ou classes de alimentos de maior criticidade no caso deste estudo, localizados no 1º, 2º e 4º quadrante, possibilitando tomadas de decisões mais assertivas frente a prevenção do desperdício de alimentos, como também das políticas e diretrizes adotadas pelos gestores da UAN. Conforme

(Papargyropoulou et al., 2016), enfatizam a ferramenta possibilita concentrar esforços nos alimentos que causa maiores prejuízos econômicos e acarretam mais impactos ao meio ambiente, no caso, os grupos de (alto custo e alto desperdício), seguido pela média ecoeficiência (alto custo e baixo desperdício ou baixo custo e alto desperdício) e por último, os alimentos de alta ecoeficiência (baixo custo e baixo desperdício).

O total do prejuízo diário associado ao desperdício foi de cerca de R\$ 3.565,76 Tabela 2 considerando um cenário de médio e longo prazo estes custos tornam-se bastantes expressivos, sinalizado que a unidade precisa adotar medidas urgentes para reduzi-los. Os custos com os desperdícios implicam diretamente nas reduções das margens de lucro das empresas, implicando em perda de competitividade frente aos concorrentes dificultando o aumento de sua participação no mercado.

As classes que mais impactam na produção de refeições são naturalmente as que demandam um maior dispêndio dos recursos naturais e emitem maior quantidade de poluentes na forma de resíduos (Pirani & Arafat, 2016). Os resultados da EE para as pegadas PH e PC per capita Figura 6 e Figura 7 para atenderam a demanda de alimentos no período estudado, indicaram que as classes que mais demandam recursos hídricos e mais emitem CO₂ per capita foram: Carne Vermelha – 23.206l /mês; Legumes/Cereais– 8.938 /mês; Vegetais – 4.746l/mês.

Os resultados da PC indicaram que as classes de origem animal Carne vermelha e Frango apresentaram os maiores valores para as emissões de CO₂ por kg de alimento, cerca de (36,00kg CO₂-eq kg⁻¹ e 6,0kg CO₂-eq kg⁻¹ de proteína desperdiçada respectivamente), as demais classes de origem animal apresentaram valores que variaram entre (0,3 -1,0kg CO₂-eq kg⁻¹ de proteína desperdiçada) ficando bem abaixo das classes Carne vermelha e Frango. Vale destacar que os últimos resultados são decorrentes das quantidades desperdiçadas e da menor PC dessas classes quando comparadas com as classes de origem vegetal. Para as classes de origem vegetal foram encontrados valores de 2,0kg CO₂-eq kg⁻¹ de alimento desperdiçado para a classe Legumes/Cereais e 9,0kg CO₂-eq kg⁻¹ de alimento desperdiçado para a classe Vegetais.

Resultados parecidos foram encontrados em um estudo desenvolvido por (Strasburg & Jahno, 2015) que avaliaram a PH de uma UAN em um estudo de EE. Entretanto, ao avaliar-se em função do volume de desperdício as classes Legumes/Cereais e Vegetais são as que apresentaram melhores resultados de PH conforme mostrado na Tabela 2. Estes resultados são semelhantes aos encontrados por (Maracaja, Silva, & Neto, 2013) em uma pesquisa para avaliar a PH de consumidores vegetarianos e não vegetarianos indicando que, devido aos hábitos

alimentares, ou seja, consumo de alimentos de origem vegetal tiveram a PH 42% menor.

Embora as classes Peixe, Frango e Porco tenham altos valores descritos na literatura em relação a sua PH, no caso deste estudo, eles apresentam um baixo valor em função do menor volume de desperdício quando comparado as classes Legumes/Cereais e Vegetais.

CONCLUSÃO

A aplicação dos indicadores de ecoeficiência permitiu identificar com clareza as classes de alimentos mais críticas na UAN, destacando Legumes/Cereais e Vegetais, posicionadas em baixa e média ecoeficiência devido ao elevado volume de desperdício e aos custos associados, mesmo apresentando menor valor unitário que outras categorias, como frutos do mar (R\$ 14,10/kg). A classe Carne vermelha também apresentou desempenho insatisfatório, com desperdício diário de R\$ 809,51 e perdas de aproximadamente 11%. Em contraste, os grupos restantes foram classificados como de alta ecoeficiência, refletindo custos de desperdício significativamente inferiores (R\$ 78,06 a R\$ 444,88/dia) e perdas entre 1% e 6%.

O prejuízo total diário estimado em R\$ 3.565,76 demonstra a necessidade de intervenções urgentes, uma vez que tais custos podem comprometer a competitividade e as margens operacionais no médio prazo. Do ponto de vista ambiental, Carne vermelha apresentou os maiores valores de pegada hídrica e de carbono (36 kg CO₂-eq/kg), seguida por Frango (6 kg CO₂-eq/kg), enquanto as classes vegetais registraram emissões inferiores, embora com maior volume desperdiçado. Esses achados corroboram estudos anteriores que associam alimentos de origem animal a maiores impactos ambientais.

Os resultados confirmam que a ecoeficiência é uma ferramenta eficaz para priorizar ações de redução de desperdício, orientar decisões gerenciais e integrar custos econômicos e impactos ambientais. A identificação das classes de maior criticidade reforça a necessidade de estratégias direcionadas na UAN, contribuindo para a formulação de políticas de gestão mais sustentáveis, alinhadas às tendências do estado da arte em desperdício de alimentos e sustentabilidade, como por exemplo a adoção de cardápios ecológicos com menor pegada hídrica e de carbono.

REFERÊNCIAS

Abreu, Spinelli, M. G. N., & Zanard, A. M. P. (2009). Management of food and nutrition units: A way of doing. *Metha*, 342p.

- Alcorn, M. R., Vega, D., Irvin, R., & Paez, P. (2021). Reducing food waste: an exploration of a campus restaurant. *British Food Journal*, 123(4), 1546-1559.
- António, G. (2025). *United Nations Department of Economic and Social Affairs (2025). The Sustainable Development Goals Report 2025. New York.*
- . Retrieved from New York, USA: <https://unstats.un.org/sdgs/report/2025/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2025.pdf>
- Beretta, C., Stoessel, F., Baier, U., & Hellweg, S. (2013). Quantifying food losses and the potential for reduction in Switzerland. *Waste Manag*, 33(3), 764-773. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23270687>. doi:10.1016/j.wasman.2012.11.007
- BIPM. (2008). Avaliação de dados de medição - Guia para expressão de incerteza de medição. . Retrieved from www.inmetro.gov.br/noticias/conteudo/iso_gum_versao_site.pdf
- CEBDS. (2014). Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável. Retrieved from www.agenda21empresarial.com.br/?pg=textos_gerais&id=19 >
- Corrado, & Sala, S. (2018.). Food waste accounting along food supply chains: state of the art and outlook. . *Waste Management*, 79 20–131.
- Dagiliūtė, R., & Musteikytė, A. (2019). Food waste generation: Restaurant data and consumer attitudes. *Environmental Research, Engineering and Management*, 75(2), 7-14.
- Dos Santos, S. F., Cardoso, R. d. C. V., Borges, Í. M. P., e Almeida, A. C., Andrade, E. S., Ferreira, I. O., & do Carmo Ramos, L. J. W. M. (2020). Post-harvest losses of fruits and vegetables in supply centers in Salvador, Brazil: Analysis of determinants, volumes and reduction strategies. *101*, 161-170.
- Economou, F., Chatziparaskeva, G., Papamichael, I., Loizia, P., Voukkali, I., Navarro-Pedreño, J., . . . Zorpas, A. A. (2024). The concept of food waste and food loss prevention and measuring tools. *Waste Manag Res*, 42(8), 651-669. doi:10.1177/0734242x241237187
- EuropeanCommission. (2015). Action Plan for the Circular Economy 614.
- FAO. (2020.). The State of World Fisheries and Aquaculture 2020. Sustainability in action. Retrieved from <https://www.fao.org/3/ca9229en/ca9229en.pdf>
- García-Herrero, L., Gibin, D., Damiani, M., Sanyé-Mengual, E., & Sala, S. (2023). What is the water footprint of EU food consumption? A comparison of water footprint assessment methods. *Journal of Cleaner Production*, 415, 137807. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652623019650>. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.137807>
- Laso, J., Margallo, M., García-Herrero, I., Fullana, P., Bala, A., Gazulla, C., . . . Irabien, A. (2018). Combined application of Life Cycle Assessment and linear programming to evaluate food waste-to-food strategies: Seeking for answers in the nexus approach. *Waste Management*, 80, 186-197.

- Lebersorger, S., & Schneider, F. (2011). Discussion on the methodology for determining food waste in household waste composition studies. *Waste Management*, 31(9-10), 1924-1933. doi:10.1016/j.wasman.2011.05.023
- Lévesque, J., Perreault, V., & Mikhaylin, S. (2024). Eco-efficiency as a prioritization tool in the reduction of food waste in restaurants. *Sci Total Environ*, 927, 171515. doi:10.1016/j.scitotenv.2024.171515
- Li, D. Z., Hui, E. C. M., Leung, B. Y. P., Li, Q. M., & Xu, X. (2010). A methodology for eco-efficiency evaluation of residential development at city level. *Building and Environment*, 45(3), 566-573. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132309001875>. doi:<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2009.07.012>
- Maracaja, K. F. B., Silva, V. P. R., & Neto, J. D. (2013). Pegada hídrica dos consumidores vegetarianos e não vegetarianos. *Qualitas Revista Eletrônica*, 14, 1-8. doi:10.18391/qualitas.v14i1.1710
- Maxime, D., Marcotte, M., & Arcand, I. (2006). Development of eco-efficiency indicators for the Canadian food and beverage industry. *Journal of Cleaner Production*, 14, 636e648.
- Meier, T., von Borstel, T., Welte, B., Hogan, B., Finn, S. M., Bonaventura, M., . . . Dräger de Teran, T. (2021). Food waste in healthcare, business and hospitality catering: composition, environmental impacts and reduction potential on company and national levels. *Sustainability*, 13(6), 3288.
- Mekonnen, M. M., & Hoekstra, A. Y. (2011). The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop Products v. 15.
- Palhares, J. C. P. (2014). Pegada hídrica de suínos e o impacto de estratégias nutricionais. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 18, 533e538. doi:10.1590/S1415-43662014000500010.
- Papargyropoulou, E., Wright, N., Lozano, R., Steinberger, J., Padfield, R., & Ujang, Z. (2016). Conceptual framework for the study of food waste generation and prevention in the hospitality sector. *Waste Management*, 49, 326e336. doi:10.1016/j.jss.2012.08.013
- Peixoto, M., & Pinto, H. S. (2016). *Desperdício de alimentos: Questões socioambientais, econômicas e regulatórias (Boletim Legislativo, Vol. 41)*. Senado Federal. Brasília. Retrieved from <https://www12.senado.leg.br/publicacoes/estudos-legislativos/tipos-de-estudos/boletins-legislativos/bol41>
- Pirani, S. I., & Arafat, H. A. (2016). Reduction of food waste generation in the hospitality industry. *Journal of Cleaner Production*, 132, 129-145. doi:10.1016/j.jclepro.2015.07.146
- Quested, & Johnson, H. (2009). Household food and drink waste in the UK: final report. Banbury: Wastes & Resources Action Programme (WRAP). Retrieved from https://www.wrap.org.uk/sites/files/wrap/Household_food_and_drink_waste_in_the_UK_-_report.pdf

- R. Guido, G. S., W.Tobias (2020). *Environmental footprints of food products and dishes in Germany*. Retrieved from Germany:
- Rees, W., & Wackernagel, M. (1996). Urban ecological footprints: Why cities cannot be sustainable—And why they are a key to sustainability. *Environmental Impact Assessment Review*, 16(4), 223-248. Retrieved from <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0195925596000224>. doi:[https://doi.org/10.1016/S0195-9255\(96\)00022-4](https://doi.org/10.1016/S0195-9255(96)00022-4)
- Strasburg, & Jahno, V. D. (2015). Sustentabilidade de cardápio: avaliação da pegada hídrica nas refeições de um restaurante universitário. *REVISTA AMBIENTE & ÁGUA*, 10, 903-914.
- Strasburg, V. J., & Jahno, V. D. (2017). Application of eco-efficiency in the assessment of raw materials consumed by university restaurants in Brazil: A case study. *Journal of Cleaner Production*, 161, 178-187. doi:10.1016/j.jclepro.2017.05.089
- Strasburg, V. J., & Jahno, V. D. (2017). Paradigms of environmental management practices in the Brazilian dining segment. *Sanitary and Environmental Engineering*, 22 3-12. doi:10.1590/S1413-41522017155538
- Thamagasorn, & Pharino, C. (2019). An analysis of food waste from a flight catering business for sustainable food waste management: A case study of halal food production process. *Journal of Cleaner Production*, 228, 845-855. doi:10.1016/j.jclepro.2019.04.312
- Tongwane, M., Mdlambuzi, T., Moeletsi, M., Tsubo, M., Mliswa, V., & Grootboom, L. (2016). Greenhouse gas emissions from different crop production and management practices in South Africa. *Environmental Development*, 19 23–35.
- Vettera, S. H., Sapkotab, T. B., Hilliera, J., Stirling, C. M., Macdiarmidd, J. I., Aleksandrowicze, L., . . . Smitha, P. (2017). Greenhouse gas emissions from agricultural food production to supply Indian diets: Implications for climate change mitigation. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 237, 234–241.
- WBCSD. (2000). *World Business Council for Sustainable Development. Eco-efficiency: creating more value with less impact*. Switzerland: Conches-Geneva.