

Resíduos Eletrônicos e Inteligência Artificial na Educação Básica: Uma Abordagem Desplugada e Transdisciplinar

Yasmin L. M. Gonçalves¹, Maria L. C. da Silva¹, Maria E. M. da Silva¹, Felipe da S. Mossato¹, Larissa R. de Oliveira¹, Rita C. G. Berardi¹

¹Departamento Acadêmico de Informática
Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) – Curitiba, PR – Brazil

{yasming, maria.2023, msilva.2005, felipemossato, larissarodrigues}@alunos.utfpr.edu.br, {ritaberardi}@utfpr.edu.br

Abstract. *The article discusses the workshop "Sustainable Technology: The Influence of Computing on Electronic Waste Management", organized by the TlChers extension project for elementary school teachers. The workshop aims to address computing and sustainability concepts in a transdisciplinary manner, covering topics such as electronic waste, planned obsolescence, and artificial neural networks. The unplugged, ludic and interactive methodology facilitated the understanding of technology's environmental impacts and encouraged more sustainable practices, as well as demystified how Artificial Intelligence works through artificial neural networks. The results highlight the participants' lack of understanding of these topics, emphasizing the need for broader computational education aligned with the Base Nacional Comum Curricular (BNCC).*

Resumo. *O artigo discute a oficina "Tecnologia Sustentável: A influência da Computação na Gestão de Resíduos Eletrônicos", promovida pelo projeto de extensão TlChers para professoras da educação básica. A oficina visa abordar de forma transdisciplinar conceitos de computação e sustentabilidade, abordando temas como resíduos eletrônicos, obsolescência programada e redes neurais artificiais. A metodologia desplugada, lúdica e interativa facilitou a compreensão dos impactos ambientais da tecnologia e incentivou práticas mais sustentáveis, assim como a desmistificação quanto ao funcionamento de Inteligência Artificial por meio de redes neurais artificiais. Os resultados evidenciam a carência de compreensão sobre esses temas entre as participantes, para tornar a educação computacional mais ampla e alinhada à Base Nacional Comum Curricular (BNCC).*

1. Introdução

O TlChers¹, projeto de extensão da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), promove oficinas de computação desplugada² para professoras³ do Ensino Fundamental do Sistema de Educação Municipal da cidade de Curitiba-PR. O projeto é parceiro do Programa Meninas Digitais da Sociedade Brasileira de Computação (SBC) e tem como visão que a divulgação correta e sem estereótipos da computação influência na atração de meninas para a área. No entanto, diferentemente da maioria dos projetos parceiros do Meninas Digitais que concentram suas ações diretamente nas estudantes, o TlChers atua especificamente com professoras. O objetivo é apoiá-las para ensinar conceitos computacionais sem depender de dispositivos eletrônicos,

¹ Para acessar nosso site <https://utfpr.curitiba.br/tlchers>

² Computação desplugada ensina conceitos de computação sem o uso de computadores, usando jogos, atividades lúdicas e materiais físicos.

³ Ao longo do artigo, será utilizado o gênero feminino para se referir ao grupo de docentes, considerando que a maioria das participantes das oficinas são professoras e que, no Brasil, a maior parte do corpo docente é composta por mulheres [Brasil. INEP, 2021].

utilizando metodologias alinhadas à Base Nacional Comum Curricular [BNCC, 2018]. Ao integrar os conteúdos da BNCC em suas oficinas, oferece condições para que as professoras possam aplicar os conhecimentos adquiridos de forma prática e contextualizada em sala de aula, aproximando a computação da realidade do ensino básico. Além de ampliar o alcance da computação nas escolas, essa abordagem fortalece o papel da educação na redução da desigualdade de gênero na tecnologia, como discutido por [Bim and Berardi, 2020], que destacam a importância da formação docente para aumentar a participação feminina na computação, uma vez que o entendimento adequado sobre a computação evita discursos estereotipados sobre a área na prática em sala de aula.

Este artigo apresenta a oficina “Tecnologia Sustentável: A Influência da Computação na Gestão de Resíduos Eletrônicos”, desenvolvida pelo TlChers para sensibilizar professoras sobre o impacto ambiental da tecnologia e fornecer estratégias para abordar essa temática em sala de aula associado ao desenvolvimento de Pensamento Computacional com a abordagem de Inteligência Artificial. Esta oficina faz parte de uma formação com outras duas oficinas, que abordaram os seguintes assuntos: poluição invisível dos dispositivos eletrônicos, inteligência artificial e computação em nuvem de forma complementar à oficina apresentada neste artigo.

Diante do aumento da produção de resíduos eletrônicos, impulsionado pela rápida obsolescência de dispositivos, a oficina propõe o uso da computação desplugada como uma abordagem inovadora para ensinar conceitos computacionais de forma sustentável e transdisciplinar com conteúdos das séries iniciais de Ciências da BNCC, dos eixos *Matéria e Energia* e *Vida e Evolução*, em que é esperado que os estudantes sejam capazes de identificar tecnologias que contribuam para a diminuição dos problemas ambientais [Prefeitura Municipal de Curitiba, 2021, p. 24], além de incentivar o consumo consciente e a reciclagem [Prefeitura Municipal de Curitiba, 2021, p. 37]. Além disso, incorpora assuntos da BNCC Computação [Brasil, 2022] dentro do eixo de pensamento computacional, abordando o uso de algoritmos e habilidade de coleta de dados. Dessa forma, o TlChers mostra como é possível unir educação, inclusão e sustentabilidade, preparando novas gerações para um uso mais consciente da tecnologia e para um mercado que demanda soluções ecologicamente responsáveis. O artigo apresenta como os resíduos eletrônicos foram abordados em conjunto com uma atividade de redes neurais, assim como explora os dados coletados sobre as professoras, que resumem suas impressões após passarem pela experiência.

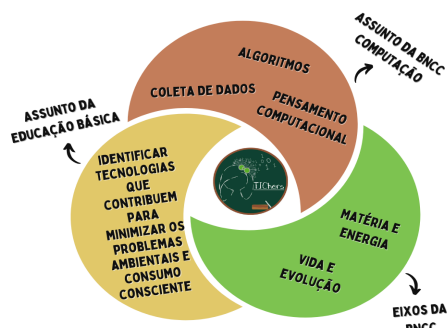


Figura 1. Imagem das articulações da oficina.

2. A Oficina de Resíduos Eletrônicos

2.1. Contexto da oficina

Em 2024, o projeto ministrou um curso formativo para docentes dos anos iniciais (1º ao 5º ano) do Ensino Fundamental do Sistema de Educação Municipal da cidade de Curitiba, composto por três oficinas de 4 horas cada. As oficinas abordam desde os impactos ambientais causados pela produção e uso de tecnologias até sobre o papel da computação no aumento desses impactos, mas também como uma possível solução. A oficina relatada no presente trabalho, aplicada para 44 docentes, foi a primeira a ser ministrada e apresentou sobre os efeitos do descarte inadequado de eletrônicos na saúde pública e no meio ambiente, além de propor reflexões sobre como a computação pode contribuir para a gestão desses resíduos eletrônicos.

Segundo a [União Europeia, 2012], os resíduos eletrônicos são definidos como equipamentos elétricos e eletrônicos (REEE), também conhecidos pelo termo lixo eletrônico, descartados sem a intenção de reutilização, como eletrodomésticos, celulares, televisores e outros, bem como seus componentes. O descarte incorreto desses resíduos possuem em sua composição metais pesados, que podem poluir lençóis freáticos, o solo, a fauna e flora, assim como também trazer malefícios à saúde humana [Oliveira and Sant'ana, 2021]. Além da poluição prevista pelo descarte incorreto dos resíduos, a extração dos materiais de matéria-prima necessários para a construção de dispositivos cooperam para o aumento nos níveis de emissão dos gases de efeito estufa no planeta [Sampaio, 2021].

Uma alternativa viável para a diminuição da poluição gerada por resíduos eletrônicos, é a tecnologia sustentável, também conhecida como computação verde. De acordo com [Li and Zhou, 2011], a computação verde refere-se ao uso ambientalmente responsável de computadores e dispositivos eletrônicos, abrangendo desde o design de fabricação até o uso e descarte desses equipamentos. O objetivo principal é reduzir o consumo de energia associado, promovendo a eficiência energética ao longo da vida útil dos sistemas e contribuindo para o desenvolvimento sustentável da economia e da sociedade.

2.2. Aplicação da Oficina

As oficinas do projeto TlChers são compostas por uma apresentação teórica com uso de slides e também uma dinâmica cinestésica para aprendizagem ativa e lúdica das participantes [Turato et al., 2024]. A apresentação da oficina iniciou-se esclarecendo os tópicos sobre o que é lixo eletrônico, a sua geração, materiais tóxicos presentes em seus componentes e seus impactos no meio ambiente e na sociedade. Esse momento levantou discussões de situações das próprias participantes que enriqueceram a oficina com questões apropriadas e pertinentes ao assunto.

Após isso, foi elucidado sobre o processo de reciclagem e as melhores formas de descarte ou repasse desses materiais, também foi apresentado modelos de gestão de resíduos eletrônicos adotados por outros países, como a Suíça, o Japão e a Espanha. Em seguida, discutiu-se sobre tecnologia sustentável e projetos sociais que lidam com o tema, assim como aplicativos que podem contribuir e amenizar a situação. Após esse momento de apresentação teórica da oficina, foi apresentada a ideia da dinâmica para as docentes, e então foi realizada a sua execução. Os slides utilizados neste momento da oficina podem ser acessados no site do TlChers publicados sob a licença CC BY-NC-SA 4.0, bem como o seu manual de como reaplicar a oficina⁴.

2.3. Dinâmica de Redes Neurais Artificiais

⁴ Para acessar a oficina e sua dinâmica visite nosso site: <https://utfpr.curitiba.br/tlchers/materiais/>

Ao final da oficina, foi aplicada uma dinâmica com o objetivo de introduzir o conceito de Redes Neurais Artificiais (RNA) para as participantes e também desmistificar o funcionamento de uma Inteligência Artificial (IA). A dinâmica iniciou-se a partir de uma reflexão proposta: “E se existisse uma máquina capaz de determinar de forma automática se um material é reciclável?”. A máquina receberia partes de um produto e ao final deveria indicar se o produto completo era reciclável.

A partir dessa reflexão, as professoras foram dispostas em dois grupos, como mostrado na Figura 2a, cada um responsável por recriar uma máquina de reciclagem, sem que as participantes soubessem, inicialmente, que a máquina se tratava de uma rede neural artificial. Para isso, cada professora assumia dentro da sua equipe um papel distinto, representando diferentes partes da máquina: ajustador, calculador, verificador e mensageiro, como mostrado na Figura 2b.



Figura 2a. Professoras praticando a dinâmica.

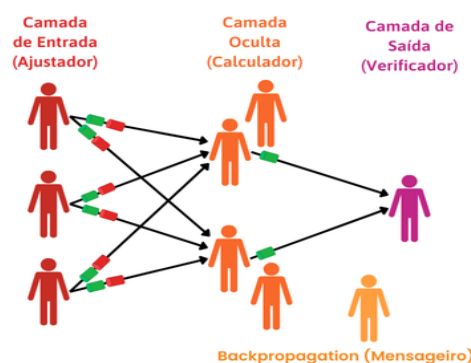


Figura 2b. Representação esquemática da dinâmica.

O objetivo era transmitir a informação se um determinado produto é reciclável, de um ponto a outro com o uso de tubos de papelão e fitas. As ajustadoras receberam um valor representativo de porcentagem de um componente do produto podendo variar de 0, 20, 80 e 100, que permaneciam fixos em seus rolos (cada componente tinha um valor distinto) e atribuíam a ele um peso aleatório entre 0, 5 e 10, que indicava o quão reciclável acreditavam que ele fosse e sem saber anteriormente qual componente que o valor representava. Após isso, as ajustadoras escreviam o valor no rolo na fita e “transmitiam” os valores e os pesos arrastando os rolos para as colegas da próxima camada para a calculadora realizar uma média ponderada entre os pesos e o valor representativo, como mostrado na Fórmula 1 e 2.

$$n = \frac{(x1*p1)+(x2*p2)+(x3*p3)}{p1+p2+p3}$$

Fórmula 1. Média ponderada usada na oficina, P representa os pesos dos rolos verdes e o X representa o valor de cada produto dos rolos vermelhos, feita pelas calculadoras.

$$S = n1 + n2$$

Fórmula 2. Soma das médias ponderadas feita pelo verificador.

Em seguida, as calculadoras “transmitiam” os resultados para a verificadora arrastando pela fita para a próxima camada, responsável por somar os valores obtidos pelas calculadoras e, após comparar com um “gabarito” pré-estabelecido quanto ao produto ser reciclável ou não, comunicava à mensageira o quanto os resultados se aproximavam do esperado. A mensageira comunicava-se com as ajustadoras,

informando se o resultado está maior ou menor que o esperado, para elas ajustarem os pesos escolhidos, simulando assim a função de backpropagation.

Ao final da dinâmica, foi apresentado para as docentes que a atividade realizada simula, de forma simplificada, o funcionamento de uma Rede Neural Artificial (RNA) de múltiplas camadas, desde a entrada de dados até o processo de ajuste dos pesos, passando pela retropropagação do erro. Conforme destacado por [Magro, 2021], uma RNA trata-se de um método de aprendizagem de máquina que treina computadores a processar dados de maneira inspirada no funcionamento do cérebro humano, onde as sinapses atuam como conexões entre os neurônios para transmissão de informações.

As redes neurais artificiais, são compostas por três ou mais camadas de neurônios artificiais, sendo elas: uma camada de entrada, uma ou mais camadas ocultas e uma camada de saída. Na dinâmica, optamos por utilizar apenas três camadas para facilitar a compreensão das professoras, e como mostrado na Figura 2b organizamos as professoras nas seguintes camadas: ajustadoras (camada de entrada), calculadoras (camada oculta) e a verificadoras (camada de saída).

A mensageira desempenhava o papel do algoritmo de retropropagação que consiste em um método de treinamento de redes Neurais de múltiplas camadas e permite ajustar os pesos dos seus neurônios [Miguez, 2012]. Segundo [Nied, 2007], o sinal do erro é propagado para trás através da rede, contra a direção das conexões sinápticas, como mostrado na Figura 2b, e ajustando os pesos para fazer com que o resultado real se aproxime do resultado desejado.

Por fim, foi mostrado que uma rede neural tem potencial na análise de dados, no entanto, trata-se de uma ferramenta complexa e que exige um grande esforço computacional de treinamento. Na maioria dos casos, esse esforço espelha-se em maior poluição ao meio ambiente devido à alta demanda energética para o processamento, resfriamento e armazenamento em data centers, e na maioria das vezes, essa tecnologia pode ser substituída por ferramentas mais simples para resolver o mesmo problema [Schultz and Silva, 2012].

3. Problemática na oficina sobre Educação tecnológica e sustentável

A iniciativa de educação tecnológica e sustentável teve como objetivo central capacitar professoras da Educação Básica para compreender conceitos de computação verde, com foco no lixo eletrônico, promovendo a conscientização sobre os impactos das tecnologias ao meio ambiente e buscando minimizar seus efeitos negativos.

A oficina exemplifica a aplicação prática dessa abordagem educacional, promovendo a reflexão crítica e a adoção de atitudes mais sustentáveis, ao mesmo tempo que estimula mudanças nas práticas pedagógicas das professoras participantes e incentiva a integração desses conceitos ao ambiente escolar de forma interdisciplinar. Entende-se sustentabilidade como um tema essencial diante do crescimento acelerado do uso de tecnologias, principalmente a partir de uma perspectiva ambiental, que envolve a redução dos impactos negativos causados pela produção, uso e descarte dessas tecnologias. Além disso, considera-se também uma dimensão educacional ao promover práticas pedagógicas críticas e acessíveis, permitindo a compreensão dos mecanismos por trás desses impactos e evidenciando a importância de decisões conscientes em relação aos recursos tecnológicos.

3.1 Inteligência Artificial e Resíduos Eletrônicos

Ao relacionar conceitos de sustentabilidade e Inteligência Artificial (IA), a oficina explorou como essa tecnologia pode ser uma aliada estratégica para gerenciar resíduos eletrônicos, otimizar processos e reduzir o desperdício. No entanto, também foi estimulada uma reflexão crítica sobre seu uso, destacando os potenciais riscos. O Relatório de Inteligência Artificial de 2023 [Maslej, 2023], produzido pela Universidade de Stanford, destaca a preocupação de que os sistemas de IA podem trazer sérios impactos ambientais, fundamentando que, ao ensinar sobre os avanços tecnológicos, como o exemplo das redes neurais, também discutamos seus custos ao meio ambiente. O desenvolvimento e a operação desses sistemas consomem grandes quantidades de energia e recursos, resultando em uma poluição que tende a agravar os desafios ambientais.

O treinamento de modelos de Inteligência Artificial, como redes neurais, apresenta um consumo energético significativo, muitas vezes proveniente de fontes não renováveis, que resulta em uma pegada de carbono considerável. Além disso, a infraestrutura necessária para armazenar e processar dados em larga escala também contribui para o aumento do lixo eletrônico, já que servidores e dispositivos tecnológicos têm um ciclo de vida limitado. O estudo liderado por [Wang et al., 2024], publicado na Nature Computational Science, estima que as tecnologias de IA generativa podem contribuir com até 5 milhões de toneladas métricas de resíduos eletrônicos até 2030, dependendo do ritmo de crescimento do setor. No entanto, a Inteligência Artificial também tem sido utilizada como aliada na gestão de resíduos, especialmente por meio de tecnologias como recipientes inteligentes e robôs para triagem, otimizando esses processos e contribuindo para a redução de impactos ambientais [Maranhão, 2024]. Essa dualidade foi um ponto-chave na reflexão feita com as professoras durante a oficina, permitindo problematizar como a tecnologia pode ser tanto parte do problema da sustentabilidade quanto da solução, dependendo de como é aplicada. Isso mostra que, uma tecnologia aplicada de forma consciente e sustentável, com foco em eficiência energética e redução de impactos ambientais, pode se tornar uma ferramenta poderosa para a gestão de resíduos e a promoção da sustentabilidade. Por outro lado, se utilizada sem considerar os custos ambientais do seu uso e desenvolvimento, ela pode desencadear os problemas que em alguns casos visa resolver.

3.2 Consumismo e Descarte

Para entender melhor os fatores responsáveis pela geração de resíduos eletrônicos, a oficina abordou a relação entre o consumo excessivo e a rápida obsolescência dos dispositivos tecnológicos. Como destaca [Bauman, 2008], a "síndrome consumista" envolve velocidade, excesso e desperdício, características que se intensificaram com o crescimento do comércio eletrônico e a facilidade de acesso a novos produtos. Esse consumo desenfreado não apenas esgota recursos naturais, mas também resulta no acúmulo dessas tecnologias, muitas das quais são descartadas de forma inadequada, causando danos ao meio ambiente e à saúde pública.

Diante desse cenário, torna-se evidente a relevância da temática do lixo eletrônico, visto que para minimizar seus impactos, é essencial que se desenvolva, de forma gradual, uma consciência crítica sobre o consumo [Fraguas and Gonzalez, 2020]. Com o objetivo de aprofundar essa reflexão, a oficina apresentou exemplos de

projetos sociais como o TechGirls⁵ e Metareciclada⁶, que trabalham com a reciclagem de lixo eletrônico, destacando a importância de falar sobre os impactos socioambientais decorrentes do ciclo de vida dessas tecnologias e mostrando como a educação pode ser um agente transformador na conscientização e na mudança de hábitos.

3.3 O Papel da Oficina na Educação e na Promoção da Conscientização

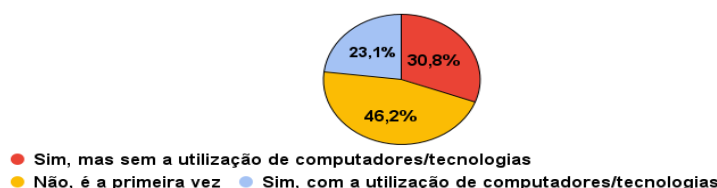
Adquirir consciência acerca desse tema contribui para uma compreensão aprofundada de que a sustentabilidade é a melhor maneira de unir o avanço tecnológico com o meio ambiente. A oficina envolve uma abordagem educacional eficaz que vai além da teoria, destacando a necessidade de estratégias para minimizar esses impactos, incluindo a reciclagem, a reutilização de equipamentos e o descarte correto em pontos de coleta, além de incorporar práticas que envolvam diretamente os alunos.

De acordo com [Almeida and Santos, 2023], as propostas desplugadas são dinâmicas e possibilitam a vivência da resolução de problemas por meio de desafios, promovendo a cooperação em grupo de maneira lúdica e interativa. Os autores também destacam que essas práticas demonstram potencial para o aprimoramento do Pensamento Computacional, permitindo o enfrentamento de situações-problema que envolvem os pilares de Decomposição, Reconhecimento de Padrões, Abstração e Algoritmo. Ao promoverem debates sobre o impacto da produção e descarte de dispositivos eletrônicos utilizando essa abordagem, essas atividades tornam o aprendizado mais significativo, uma vez que incentivam a participação ativa e o pensamento crítico. Além disso, ao lidarem com problemas reais de forma acessível, essas atividades conectam o conteúdo ao cotidiano das participantes, despertando o interesse e favorecendo a retenção do conhecimento, aspecto essencial para a promoção da conscientização e para o aprofundamento do entendimento sobre um tema de grande relevância para a Educação Básica.

4. Resultados e Discussões

Nesta seção são apresentados os resultados obtidos a partir de questionários aplicados antes e após a realização da oficina. O questionário inicial foi respondido por 39 participantes e o final por 26 participantes e foram analisados, a partir das respostas, a influência da oficina para as docentes e suas mudanças de percepções dos conceitos abrangidos após a finalização da oficina.

Para entender o perfil das participantes, identificou-se que a maioria, são professoras que atuam ou atuavam no ensino fundamental I e II, e na educação básica, especificamente nos componentes curriculares de ciências e tecnologia da rede pública de ensino da cidade de Curitiba (PR). Com base nos dados coletados, uma pequena maioria dessas professoras já tiveram a oportunidade de participar em oficinas formativas sobre computação, como mostrado na Figura 3.



⁵ <https://techgirlsglobal.org/>

⁶ <https://www.instagram.com/metarecicla/>

Figura 3. Dados sobre as participações das docentes em oficinas.

Porém, as professoras relataram que sentem dificuldades ao tentar incorporar a computação nos currículos escolares, seja por falta de infraestrutura nas instituições de ensino ou a falta de conhecimento para tais atividades. Isso ressalta a importância de proporcionar uma formação complementar sobre computação, que não dependa exclusivamente de equipamentos tecnológicos. Por isso, é fundamental desconstruir a ideia de que o ensino da computação deve ocorrer sempre em laboratórios de informática, abordando tópicos complexos e abstratos. Além disso, é fundamental que esse tipo de conteúdo seja disponibilizado de forma acessível a essas professoras.

4.2. Quais eram as percepções das professoras antes da oficina?

As respostas das professoras ao questionário anterior à oficina, mostrou que poucas tinham conhecimento prévio sobre os problemas atuais acerca da reciclagem de resíduos eletrônicos e a relação complexa com a computação, mesmo sendo um assunto a ser abordado no currículo, conforme destaca a habilidade (EF07CO10) da BNCC Computação [Brasil, 2022, p. 50]. Em resposta a uma pergunta sobre o que você entende por lixo eletrônico, algumas professoras mencionam que lixo eletrônico são arquivos digitais excluídos, conteúdos irrelevantes ou maliciosos na Internet. Embora o termo lixo eletrônico possa ser usado para se referir a dados digitais desnecessários, o conceito mais adequado refere-se a resíduos físicos de equipamentos eletrônicos como computadores, celulares e baterias.

Essa questão também refletiu nas respostas referentes à pergunta sobre o que é obsolescência programada, na qual 69,2% das participantes, como mostrado na Figura 4, responderam que não conheciam o termo. Esse dado é preocupante devido ao impacto ambiental causado por essa prática. A obsolescência programada refere-se à prática dos produtores de definirem uma data de obsolescência dos bens, não apenas por tornarem os produtos com vida útil mais curta mas também ao induzir a necessidade dos consumidores à compra de novos produtos mais atuais. Essa prática incentiva o consumismo. E assim, são causados os impactos ao meio ambiente por meio da geração de mais resíduos eletrônicos [Rossini and Napolini, 2017].

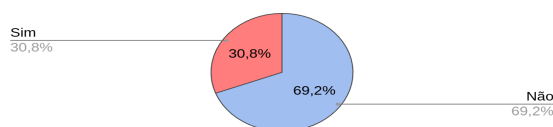


Figura 4. Gráfico de porcentagem de docentes sabem o que é obsolescência programada.

As professoras também compartilharam suas opiniões sobre a relação entre a computação e a gestão de resíduos eletrônicos. Ao serem questionadas se visualizavam aspectos positivos nessa relação, 77,5% responderam que sim, destacando as seguintes possibilidades: monitoramento de resíduos, compartilhamento de informações sobre descarte correto, desenvolvimento de programas e tecnologias para a gestão e o reaproveitamento de equipamentos ou componentes eletrônicos. Por outro lado, 12,5% não visualizam benefícios, sem fornecer justificativas detalhadas, enquanto 10% declararam não ter conhecimento suficiente para opinar.

Sobre os possíveis aspectos negativos da computação na gestão de resíduos eletrônicos, 62,5% responderam que a computação pode impactar negativamente na gestão de resíduos eletrônicos. Em suas respostas, foram mencionados os seguintes fatores: produção de lixo por causa da fabricação de eletrônicos, descarte incorreto e

seus efeitos ambientais e equipamentos obsoletos. Em contraste, 32,5% responderam que não conseguem visualizar o impacto negativo da computação e 5% não tinham conhecimento sobre o tema.

Perguntou-se também o que as docentes conhecem sobre o conceito de Tecnologia Sustentável. Pelas respostas, a tecnologia sustentável refere-se a: uma tecnologia que não produz muitos resíduos eletrônicos, ao desenvolvimento e uso da tecnologia visando reflexões e cuidados com a preservação do meio ambiente, ao reaproveitamento e descarte correto dos resíduos e a tecnologias que consomem menos energia ou que podem ser produzidas com materiais mais sustentáveis.

A questão sobre qual é a responsabilidade do tema de tecnologia sustentável, entre todas as participantes, como mostrado na Figura 5, 66,7% responderam que tecnologia sustentável é um tema de responsabilidade coletiva e 25,6% responderam que era uma solução viável para reduzir impactos ambientais, duas alternativas acabaram não sendo selecionadas pelas participantes, sendo elas: “Uma tendência que não terá grande impacto a longo prazo” e “Um problema que deve ser discutido somente por aqueles que desenvolvem a tecnologia”. Isso demonstra que, entre as participantes, a visão sobre tecnologia sustentável era positiva antes da aplicação da oficina.

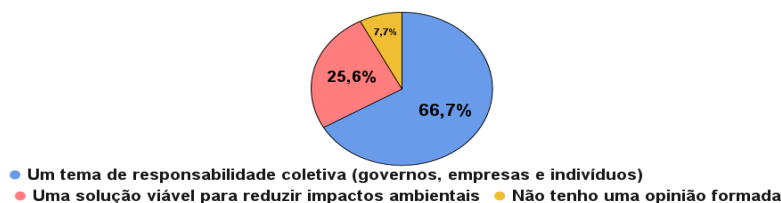


Figura 5. Gráfico sobre percepção atual sobre a Tecnologia Sustentável.

Em seguida, quando questionadas se já haviam sido abordadas por suas estudantes sobre temas relacionados à Tecnologia Sustentável, como reciclagem de resíduos eletrônicos, 89,7% das participantes afirmaram que não foram abordadas, 7,7% responderam que foram, mas sem utilizar o termo ‘Tecnologia Sustentável’ e 2,6% confirmaram que sim. Esses dados dão indícios de que a tecnologia sustentável não é um tema amplamente discutido, o que indica a necessidade de maior inclusão desse assunto nos currículos educacionais.

4.3. O que mudou nas percepções das professoras depois da oficina?

As professoras compartilharam suas percepções sobre os temas abordados após a finalização da oficina, onde é perceptível uma mudança em relação a suas concepções anteriores. As respostas do questionário tiveram um foco maior sobre o consumo de produtos eletrônicos, sobre o descarte e a reutilização do resíduo eletrônico previamente descartado.

Em uma pergunta aberta sobre os aprendizados adquiridos na dinâmica sobre redes neurais e como a dinâmica ajudou na compreensão dos conhecimentos, as professoras compartilharam suas opiniões, como: “A proposta demonstrou na prática o conceito de rede neural, de modo mais palpável e tangível que, particularmente, não tinha conhecimento antes.”, “Compreendi que a IA avalia os itens a serem reciclados com base em seu grande banco de dados e identificando padrões.” e “O conceito das sinapses nós já compreendemos, e a dinâmica com fios nos interligando e nos fazendo ser parte de um todo, foi muito original e indelével!”.

Pelas respostas é perceptível que a dinâmica auxiliou a entender o conceito de rede neural, sobre o processo de funcionamento e a sua complexidade. Como complemento a essa pergunta, foi perguntado às participantes se elas observaram algum conhecimento principal na dinâmica, onde foi destacado a utilidade das redes neurais em auxiliar o pensamento humano no processo de reciclagem.

5. Conclusão

Os resultados obtidos a partir da oficina "Tecnologia Sustentável: A Influência da Computação na Gestão de Resíduos Eletrônicos", promovida pelo projeto TICHers, sinalizou a importância da educação tecnológica e sustentável para capacitar professoras da Educação Básica a abordarem temas essenciais em sala de aula. A metodologia desplugada facilitou a compreensão de conceitos complexos de forma acessível e alinhada à Base Nacional Comum Curricular (BNCC), reforçando a necessidade de ampliar a discussão sobre tecnologia sustentável e descarte consciente de resíduos eletrônicos nas escolas.

Outro resultado visível, foi que a oficina não apenas aumentou o conhecimento das participantes sobre o tema, mas também incentivou a reflexão crítica sobre o impacto ambiental da tecnologia e o papel da Inteligência Artificial na gestão de resíduos. O levantamento realizado mostrou que muitas professoras, antes pouco familiarizadas com conceitos como obsolescência programada e reciclagem de eletrônicos, passaram a reconhecer a relevância dessas questões e a se sentir mais confiantes para abordá-las com suas turmas.

Além disso, as atividades práticas e dinâmicas propostas na oficina proporcionaram uma aprendizagem significativa, permitindo que as participantes vivenciassem conceitos computacionais de forma interativa e lúdica. A dinâmica de redes neurais, por exemplo, mostrou-se eficaz ao ilustrar como a tecnologia pode ser aplicada para otimizar processos de reciclagem, ao mesmo tempo em que incentivou uma reflexão sobre os desafios ambientais associados ao desenvolvimento tecnológico. Além disso, vale ainda ressaltar os comentários das professoras após a “revelação” de que a dinâmica se tratava de uma rede neural, pois as professoras se mostraram bastante surpresas quando compreenderam que a Inteligência Artificial de fato “não pensa” mas realiza muitos cálculos sem saber de fato do que se tratam aqueles números. Isso mostra a importância da inserção desse tipo de dinâmica mais simplificada na Educação Básica para não se associar ao uso de IAs aspectos “humanizados” como sabedoria, consciência, maldade.

Dessa forma, a iniciativa reforça a importância de capacitação docente e da inclusão de temas interdisciplinares nos currículos escolares, contribuindo para a formação de cidadãos mais conscientes e preparados para lidar com os desafios ambientais e tecnológicos da atualidade. O projeto continua a desempenhar um papel fundamental na ampliação do acesso à educação computacional e sustentável, promovendo a equidade de gênero e incentivando uma maior participação feminina na área de tecnologia, semeando as sementes para um futuro onde a tecnologia e a sustentabilidade caminham juntas.

6. Agradecimentos

Agradecimentos ao apoio da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, às professoras da rede municipal de Curitiba pela participação na oficina e ao Programa Meninas Digitais da SBC.

Referências

- Almeida, D., and Santos, F. (2023). Um relato de experiência com Computação Desplugada na formação de professores. In *Anais do XXXI Workshop sobre Educação em Computação*, (pp. 52-63). Porto Alegre: SBC. doi:10.5753/wei.2023.229827
- Bauman, Z., (2008) Vida para consumo: a transformação das pessoas em mercadorias/ Zygmunt Bauman; tradução Carlos Alberto Medeiros. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed., 2008.
- Bim, S. A., and Berardi, R. C. G. (2020). TlChers - conscientização e formação de docentes da Educação Básica por mais mulheres na Computação. In *Anais do XIV Women in Information Technology*, (pp. 269-273). Porto Alegre: SBC. doi:10.5753/wit.2020.11308
- Brasil. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep). Censo da Educação Básica 2020: resumo técnico. Brasília, DF: INEP, 2021.
- Brasil. (2018) Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular(BNCC). Brasília, DF p. 600. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/>
- Brasil. (2022) Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. Normas sobre Computação na Educação Básica – Complemento à BNCC. Brasília, p.75. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br>
- Diretiva do Parlamento Europeu e do Conselho, (2012), relativa aos resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos (REEE) (reformulação) (JO L 197 de 24.7.2012, p. 38-71).
- Fraguas, T and Gonzalez, C. E. F. (2020). O lixo eletrônico no contexto da Educação Ambiental, seu histórico e suas consequências. *Revista Cocar*, 14(30).
- Li, Q and Zhou, M. (2011). The Survey and Future Evolution of Green Computing. In *Proceedings of the 2011 IEEE/ACM International Conference on Green Computing and Communications (GREENCOM '11)*. IEEE Computer Society, USA, 230–233. <https://doi.org/10.1109/GreenCom.2011.47>
- Magro, R, B., (2021) Aplicação de Redes Neurais Artificiais Para Previsão de Inundação em Uma Área Urbana. Tese (Mestrado em Ciências Ambientais) – Centro de Ciências Agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina. Lages, p. 134.
- Maranhão, R. de A. (2024). Inteligência artificial para gestão de resíduos em cidades inteligentes no contexto das mudanças climáticas: uma revisão da literatura. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, 7(3), e73115.
- Maslej N., Fattorini L., Brynjolfsson E., Etchemendy J., Ligett K., Lyons T., Manyika J., Ngo H., Niebles J. C, Parli V., Shoham Y., Wald R., Clark J., & Perrault R. (2023). The AI Index 2023 Annual Report, AI Index Steering Committee, Institute for Human-Centered AI, Stanford University, Stanford, CA, April 2023.

- Miguez, G. A. (2012). Otimização do algoritmo de Backpropagation pelo uso da função de ativação bi-hiperbólica (Doctoral dissertation, Universidade Federal do Rio de Janeiro).
- Nied, A. (2007). Treinamento de redes neurais artificiais baseado em sistemas de estrutura variável com taxa de aprendizado adaptativa. Belo Horizonte, p.128. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1843/BUOS-8CVEYD>
- Prefeitura Municipal de Curitiba. (2021). Currículo do Ensino Fundamental: Diálogos com BNCC, 1º ao 9º ano, Volume 2 Ciências da Natureza.
- Oliveira, C. S. A. de, Sant'ana, J. de S. M.,(2021) TI verde: uma visão geral. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia em Sistemas de Computação) - Instituto de Computação, Niterói, 57 f.
- Rossini, V., and Naspolini Sanches, S. H. D. F. (2017). Obsôlecencia Programada E Meio Ambiente: A Geração de Resíduos De Equipamentos Eletrônicos. *Revista De Direito E Sustentabilidade*, 3(1), 51–71.
- Schulz, M. A., and Silva, T. N. (2012). Ti Verdes E Eficiência Energética Em Data Centers. *Revista De Gestão Social E Ambiental*, 6(2), 121–133. <https://doi.org/10.24857/rgsa.v6i2.356>
- P. A. Turato *et al.*, "Digital Citizenship in Brazil - Insights from a Workshop to Inspire K-8 Teachers," 2024 *IEEE World Engineering Education Conference (EDUNINE)*, Guatemala City, Guatemala, 2024, pp. 1-6, doi: 10.1109/EDUNINE60625.2024.10500570.
- Wang, P., Zhang, LY., Tzachor, A. *et al.* (2024) E-waste challenges of generative artificial intelligence. *Nat Comput Sci* 4, 818–823. <https://doi.org/10.1038/s43588-024-00712-6>