

## Jogo Educacional sobre Reciclagem para Pessoas com Deficiência Intelectual

Douglas Baldon Correa<sup>1</sup>, Arthur Lana Pereira<sup>1</sup>, Helyane Bronoski Borges<sup>1</sup>, Tarcizio Alexandre Bini<sup>1</sup>, Simone Nasser Matos<sup>1</sup>, Isabel Cristina Torrens<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento Acadêmico de Informática – Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR-PR)

Caixa Postal 15.064 – 91.501-970 – Ponta Grossa – PR – Brazil

{douglasbaldon, arthurlanapereira, isabeltorrens}@alunos.utfpr.edu.br,  
{helyane, tarcizio, snasser}@utfpr.edu.br

**Abstract.** *Recycling is a way of reusing and reducing the amount of waste discarded. It is essential to carry out and publicize actions to encourage the population to adopt this practice. Educational games can play an important role in this process because they combine entertainment and make learning attractive. This paper presents the educational game My Clean Park, which addresses the topic of waste recycling. The game was applied to students with intellectual disabilities at a school in the Campos Gerais region of Paraná state. As a result, it was found that the students learned about the subject addressed in the game, how to classify waste and dispose of it in an appropriate place.*

**Keywords** – *educational games, recycling, intellectual disability.*

**Resumo.** *A reciclagem é uma forma de reutilizar e reduzir a quantidade de resíduos descartados. É importante realizar e divulgar ações que incentivem a população a adotar tal prática. Jogos educacionais desempenham um papel importante nesse processo, pois combinam entretenimento e tornam o aprendizado atrativo. Este artigo apresenta o jogo educacional My Clean Park, sobre a temática reciclagem de resíduos. O jogo foi aplicado a alunos com deficiência intelectual de uma escola da região dos Campos Gerais no Paraná. Como resultado constatou-se que os alunos aprenderam sobre o assunto abordado no jogo, como classificar os resíduos e descartá-los em local apropriado.*

**Palavras-chave** – *jogos educacionais, reciclagem, deficiência intelectual.*

### 1. Introdução

A reciclagem é uma prática essencial que reduz o descarte de resíduos no meio ambiente. Práticas de reciclagem no cotidiano colaboram para reduzir os impactos das mudanças climáticas e auxiliam a preservação ambiental. É importante garantir que tais questões sejam acessíveis a todas as pessoas, incluindo aquelas que têm algum tipo de deficiência, como a Deficiência Intelectual (DI). Promover a inclusão desses indivíduos, permite que todos tenham a oportunidade de participar ativamente na construção de um futuro mais sustentável.

Na tentativa de sensibilizar pessoas sobre preservação ambiental e reciclagem, os jogos educacionais desempenham um papel importante, pois podem transformar conceitos complexos em experiências interativas e envolventes. O uso de jogos educacionais estimula e facilita a aprendizagem, permitindo que o aluno desenvolva habilidades cognitivas essenciais, como memória, atenção, criatividade, raciocínio e discernimento para tomar decisões e resolver problemas [Ramos et al. 2014]. Dessa forma, é uma estratégia que auxilia na redução das dificuldades enfrentadas por alunos com DI, os quais apresentam limitações associadas a duas ou mais áreas da conduta adaptativa ou da capacidade em responder adequadamente às demandas da sociedade [Bigui and Colombo 2017].

Este artigo apresenta um jogo educacional denominado My Clean Park, que aborda o tema da reciclagem. O objetivo do jogo é auxiliar os alunos com DI na compreensão desse tema, por meio de uma ferramenta pedagógica que facilite o processo de ensino aprendizagem. O jogo possui um agente inteligente [Lenz et al. 2020] que utiliza conceitos de aprendizagem por reforço para aprender com os erros do jogador.

A avaliação do jogo foi conduzida em duas turmas de uma instituição que atende alunos com deficiência intelectual leve ou moderada. Os resultados evidenciaram que os alunos adquiriram conhecimento sobre a importância de não descartar lixo no chão. Ao mesmo tempo, demonstraram elevado nível de satisfação, diversão e interação social durante a experiência com o jogo.

## 2. Trabalhos Relacionados

A reciclagem envolve o processo de coleta, separação, processamento e transformação de resíduos em novos produtos, reduzindo a demanda por recursos naturais e minimizando o impacto ambiental [Zhang et al. 2023]. Embora importante, esta temática ainda é pouco explorada em jogos educacionais. Esta afirmação foi constatada após pesquisas em repositórios científicos e em páginas *web* referentes a jogos educacionais. A seguir são relatados os trabalhos e jogos relacionados.

O trabalho de [Fox et al. 2020] apresenta um jogo de conscientização sobre a poluição ambiental, projetado para medir o conhecimento de um determinado grupo de indivíduos sobre o tema. Embora tenha sido testado em adultos, os autores destacaram que o jogo foi desenvolvido para crianças de até oito anos. O jogador controla um caiaque com as setas do teclado, enquanto lixo aparece pelo ambiente e modifica a paisagem.

Destaca-se também o jogo educacional *RecycleBot* [Teixeira and Borges 2021], desenvolvido para o público com deficiência intelectual. *RecycleBot* ensina os alunos a descartar o lixo nas lixeiras corretas. Durante o jogo, é apresentado na tela, um resíduo a ser reciclado, e tanto o jogador quanto o agente inteligente dão sua sugestão de onde o objeto deve ser descartado. O agente inteligente aprende com base nas jogadas corretas do jogador, utilizando um algoritmo de aprendizagem por reforço.

Desenvolvido pela *National Geographic* o jogo educativo *Recycle Roundup* [Kids 2024] solicita ao jogador o auxílio para a limpeza de um parque, separando os resíduos que a população lança de maneira inadequada. A coleta é realizada por um personagem (Gorila). A classificação é pautada em compostagem, recicláveis ou não recicláveis. A movimentação do personagem é realizada com auxílio do mouse, assim como a tarefa de apanhar os objetos é executada pelo clique do dispositivo. O jogador tem um total de 2 minutos para coleta e classificação dos resíduos. Passado este período, é apresentado o

total de objetos classificados de forma correta e incorreta e também a pontuação obtida pelo jogador.

O jogo educativo *Coleta Seletiva* [Games 2024] desenvolvido pelo site educacional brasileiro *Escola Games*, ensina a separar resíduos de lixo de forma correta para serem reciclados. Personagens humanos guiam o usuário com explicações sobre a finalidade de cada lixeira de acordo com sua cor e os critérios para o depósito correto dos resíduos. Existe um total de 25 itens recicláveis que devem ser classificados nas 5 lixeiras disponíveis. Quando cada uma das lixeiras está cheia com 5 itens, uma mensagem é apresentada ao usuário informando o que pode ser feito com o tipo de lixo que será reciclado. Após a separação correta dos 25 itens, o jogo se encerra parabenizando o usuário.

*Recycling Time 2* [Coquinhos 2024a] é um jogo desenvolvido por Richardson Correia, que explora a reciclagem de resíduos no meio ambiente. Existem 2 modos de jogo: O *Competitive* no qual o usuário tem 200 segundos para completar cada nível do jogo; e o modo *Fun*, onde o jogador tem tempo infinito para completar cada nível. No ambiente encontram-se espalhados cerca de 30 resíduos recicláveis e o jogador deve separá-los em 5 lixeiras distintas: lixeira verde: vidros, lixeira amarela: metais, lixeira vermelha: plásticos, lixeira azul: papéis e lixeira marrom: orgânicos. É apresentada ao jogador a quantidade de acertos e erros no quesito classificação dos resíduos nas lixeiras. Porém, indiferente do número de respostas certas ou erradas o usuário é conduzido ao próximo nível do jogo após a coleta dos 30 itens do ambiente.

O tema reciclagem de resíduos também é abordado pelo jogo educacional *Recycle Hero* [Coquinhos 2024b] criado pela *Cat Summer* em 2018. Durante cerca de 20 segundos, o jogador é desafiado a classificar resíduos fazendo uso das setas do teclado. 3 categorias de classificação são disponibilizadas: metal, plástico e caixas de papelão. Transcorrido o tempo é apresentada ao usuário a pontuação obtida assim como o recorde de pontos obtido pelo usuário, caso tenha jogado diversas partidas.

Após a revisão da literatura e busca em páginas *web* de jogos, constatou-se que além da escassez de jogos educacionais relacionados à reciclagem, não foram encontrados jogos educacionais específicos para pessoas com DI.

### **3. Jogo My Clean Park**

Primeiramente, para o desenvolvimento do jogo educacional *My Clean Park*, os desenvolvedores acompanharam alunos com com DI em uma instituição de ensino na região dos Campos Gerais no estado do Paraná. Durante as aulas de informática em laboratório, foram identificadas dificuldades deste público ao manusear o computador como, por exemplo, o uso do mouse e a necessidade constante de instruções sobre as atividades a serem realizadas.

Pautado nas necessidades e dificuldades identificadas nas visitas à instituição, definiram-se: a mecânica do jogo, o cenário de interação, a interface, os personagens e os movimentos disponíveis para o jogador. A perspectiva de vista superior foi adotada para proporcionar uma visão ampla e abrangente do cenário. Sons de apoio e motivação foram selecionados para estimular o jogador com DI tanto em momentos de acerto, quanto de erros.

Para a implementação dos cenários, bem como a aplicação de física nos objetos e personagens, foi usada a *Engine Unity (Unity)* e a linguagem de programação *C#*. Os *sprites* foram criados e escolhidos para representar os elementos do jogo como personagens, objetos recicláveis e lixeiras. Por fim, as interações do personagem foram estabelecidas, permitindo que o jogador pudesse interagir com o ambiente, coletar objetos e realizar ações relacionadas à temática de reciclagem.

O jogo *My Clean Park* foi desenvolvido para a plataforma *desktop*. Tal escolha é justificada em relação à *mobile*, devido às pessoas com *DI* apresentarem maior facilidade em manipular uma aplicação fazendo uso do teclado do computador. Além disso, a *Engine Unity* permite migrar o jogo para a plataforma *web*, processo que pode ser realizado como trabalho futuro.

### 3.1. Cenário e personagens do jogo

O cenário do jogo tem como referência um parque, um ambiente condizente com a temática de reciclagem. Para isso, foram adicionados elementos típicos, como plantas, pedras, árvores, gramíneas, além da presença de água, para simular um rio e criar uma atmosfera natural. O personagem principal do jogo é um menino chamado Bob (Figura 1(a)). Esse personagem se movimenta pelo parque e coleta lixo (itens recicláveis) que foram descartados de forma incorreta e estão espalhados pelo chão. Os itens recicláveis são embalagens plásticas, latas de refrigerante, papéis amassados e garrafas de vidro. Imagens desses itens podem ser visualizadas na Figura 1(d), (e), (f) e (g).

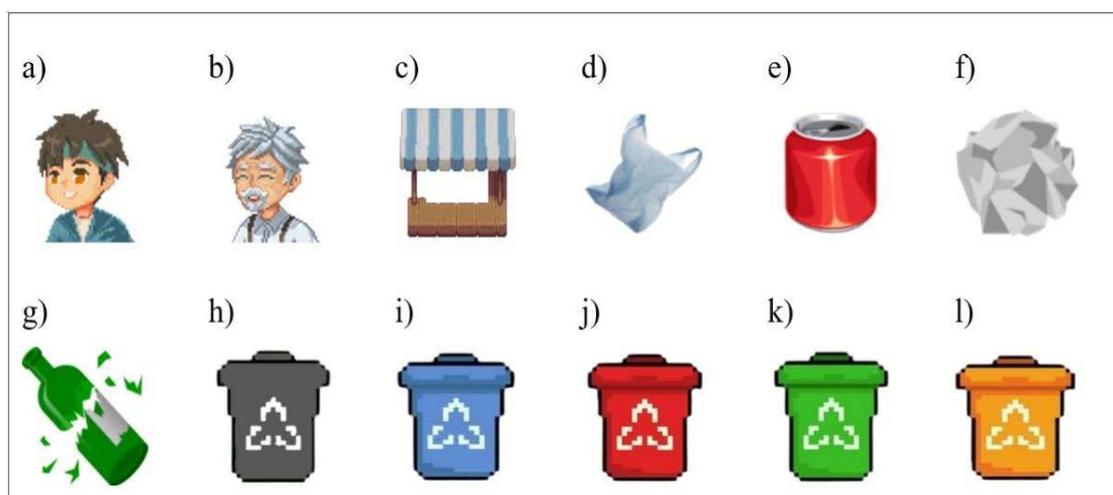


Figura 1. *Sprites* do jogo *My Clean Park*

No cenário do parque também foram incluídos bancos e uma barraquinha (Figura 1(c)). Nessa barraquinha encontra-se o personagem de um senhor (Figura 1(b)) que irá receber o lixo, que o personagem Bob coletou, e depositar na lixeira correta de reciclagem. Nesta etapa, uma nova interface é apresentada ao jogador. Nesta interface, há a imagem do senhor e das cinco lixeiras de coleta seletiva, sendo elas: não-reciclável (Figura 1(h)), papel (Figura 1(i)), plástico (Figura 1(j)), vidro (Figura 1(k)) e metal (Figura 1(l)).

### 3.2. Mecânica do jogo

O jogador é desafiado a explorar o parque junto ao personagem Bob, que é controlado por movimentos direcionais (mover para cima, baixo, direita e esquerda) das setas do teclado. O jogador interage com o ambiente, coletando objetos recicláveis que estão espalhados pelo cenário. Quando o personagem entra em contato com um objeto, a lógica de coleta é ativada, permitindo que o objeto seja removido do cenário e adicionado à mochila virtual do jogador (inventário).

Após coletar cinco itens, o jogador deve direcionar-se à barraquinha localizada no centro do parque. Esta serve como ponto de reciclagem, em que o jogador pode descartar, classificar e reciclar os resíduos coletados. Neste momento, uma nova interface é apresentada ao jogador a qual possui um agente inteligente (representada por um senhor) responsável por auxiliar no processo de reciclagem. Caso o jogador acerte ou erre a lixeira de reciclagem do item, uma mensagem e um áudio de *feedback* condizentes são apresentados. Esses *feedbacks* são importantes para alunos com DI pois motivam e incentivam a desenvolver as tarefas requisitadas pelo jogo.

Foram adicionados colidores aos objetos, permitindo a detecção de colisões com o personagem. Esses colidores garantem que, ao entrar em contato com um objeto reciclável, o personagem seja capaz de interagir com ele. Os colidores não permitem que objetos de interface como bancos e algumas pedras maiores sejam transpostos pelo jogador, trazendo aspectos físicos para o jogo.

### 3.3. Implementação do Agente Inteligente

Foi implementado um sistema baseado nos conceitos de aprendizagem por reforço [Russell and Norvig 2021] que utiliza uma matriz de pontuação para conduzir as decisões dos usuários no que se refere à classificação de resíduos em 5 categorias de reciclagem. A matriz quadrada denominada  $S$ , em que  $S_{ij}$  representa a probabilidade de um tipo de resíduo  $i$  ser alocado corretamente na lixeira  $j$ . Inicialmente, todos os elementos de  $S$  são configurados com o valor igual a 1, indicando a probabilidade de aceitação para todas as combinações de resíduos e lixeiras.

A estratégia descrita exemplifica o princípio da aprendizagem por reforço, em que um agente inteligente aprende a tomar decisões por meio de tentativa e erro, interagindo com um ambiente dinâmico para maximizar uma recompensa numérica cumulativa. Neste sentido, o agente inteligente aprende a alcançar um objetivo em um ambiente incerto, onde as consequências das ações são refletidas em seu aprendizado [Sutton and Barto 2018]. Esse conceito é aplicado no jogo implementado, em que as escolhas do usuário podem ser influenciadas pela matriz uniforme. Tal matriz é atualizada com base nas ações tomadas, refinando gradualmente as recomendações à medida que o algoritmo aprende com os próprios erros.

Se um erro é detectado, por exemplo, o resíduo de papel sendo depositado na lixeira de plástico, o elemento correspondente da matriz  $S_{papel,plastico}$  é atualizado de 1 para 0. Essa atualização reflete a aprendizagem do sistema em discriminar ações incorretas, reduzindo a probabilidade de futuras recomendações errôneas. O processo de aprendizado continua até que a matriz convirja para uma matriz identidade, em que os elementos da diagonal principal são iguais a 1, indicando a correlação correta entre tipos de resíduos e suas respectivas lixeiras, enquanto todos os outros elementos são 0.

## 4. Resultados e Discussão

Esta Seção apresenta o jogo My Clean Park e os resultados de sua avaliação quando aplicados com alunos com DI leve e moderada.

### 4.1. Apresentação do jogo

A Figura 2 apresenta a interface do jogo My Clean Park. Os itens a serem coletados no chão (lixos) são distribuídos, de forma aleatória, em todo o parque. Como comentado, ao coletar cinco itens (Figura 3), o jogador tem a possibilidade de ir para um outro cenário, no qual poderá reciclar os itens coletados.



Figura 2. Visão completa do My Clean Park



Figura 3. Inventário cheio e Itens no chão

A Figura 4 apresenta a interface de interação onde o jogador pode realizar a reciclagem dos objetos coletados. É possível visualizar as lixeiras de coleta seletiva, o item a ser reciclado e o personagem que representa o agente inteligente no jogo.

A implementação do agente inteligente permitiu que os jogadores recebessem sugestões e orientações durante o processo de reciclagem. Essa estratégia desempenha um papel importante ao auxiliar o jogador na identificação correta das lixeiras de coleta seletiva, contribuindo para a aprendizagem sobre a reciclagem.



Figura 4. Interface da Reciclagem

A Figura 5(a) apresenta a interação do jogador quando acerta um item a ser reciclado e a Figura 5(b) quando não acerta o item a ser reciclado. Mensagens de *feedback* são apresentadas em ambas as situações por meio de áudio e texto.



Figura 5. Separação do item a ser reciclado

## 4.2. Avaliação do jogo

O jogo foi avaliado em uma instituição que atende alunos com DI na região dos Campos Gerais no estado do Paraná. Para isso, criou-se um questionário de avaliação de jogos educacionais baseado no modelo de avaliação de jogos educacionais MEEGA+ [Petri, Wangenheim and Borgatto 2020].

Foram elaboradas 13 perguntas, sendo 12 objetivas, com 3 possibilidades de respostas (sim, mais ou menos, não), e 1 pergunta dissertativa. A Tabela 1 mostra as perguntas elaboradas bem como qual dimensão do modelo MEEGA+ a pergunta está relacionada.

**Tabela 1. Perguntas elaboradas baseada no modelo MEEGA+**

<b>Dimensão MEEGA+</b>	<b>Perguntas</b>
Usabilidade	1 - Aprender a jogar este jogo foi fácil para mim?
	2 - As regras do jogo são fáceis de entender?
Satisfação	3 - Fiquei contente em aprender a separar o lixo nas lixeiras no jogo?
Diversão	4 - Eu me diverti com o jogo?
Confiança	5 - Quando eu vi pela primeira vez o jogo, tive a impressão que conseguiria jogá-lo?
Interação Social	6 - Fiquei contente em ajudar o Bob a encontrar os lixos no parque?
Atenção Focada	7 - Eu estava tão concentrado em ajudar o Bob a encontrar o lixo que nem percebi o tempo passar?
Relevância	8 - Entendi a importância de não jogar o lixo no chão?
Desafio	9 - Me senti desafiado em saber qual lixo separar nas lixeiras?
Aprendizagem Recebida	10 - O jogo me ajudou a aprender em qual lixeira devo jogar cada tipo de lixo?
	11 - Consegui classificar os diversos tipos lixos que estavam no jogo nas lixeiras corretas?
	12 - Quando eu for jogar um lixo eu sei em qual lixeira devo jogar?
	13 - O que você aprendeu jogando esse jogo?

Participaram da avaliação 2 turmas de alunos de uma escola que atende pessoas com DI, totalizando 15 alunos (7 alunos em uma turma e 8 alunos em outra) com um grau de deficiência leve ou moderada.

Os resultados obtidos mostram que em relação a Dimensão Usabilidade 86,7% dos alunos responderam que foi fácil entender as regras do jogo bem como utilizá-lo. Quanto a Satisfação, Diversão, Interação Social e Atenção Focada, todos os alunos entrevistados responderam que se sentiam contentes ao manipular o jogo, relatando no questionário inclusive que não perceberam o tempo passar enquanto jogavam.

Mesmo interagindo pela primeira vez com a interface do jogo, 86,7% dos entrevistados relataram confiança ao explorar o ambiente. Isso se deve à interface com poucos objetos, atrativa e de fácil manipulação que faz uso do teclado. Além disso, percebeu-se que 80% dos alunos se sentiram desafiados a separar de forma correta os

resíduos recicláveis. Mesmo na ocorrência de erros na classificação dos resíduos os alunos são motivados, por meio de *feedback* (áudio e texto), a realizar novas tentativas.

Uma das principais contribuições do jogo está relacionada à importância de não jogar lixo no chão. Tal percepção foi confirmada por 93,3% dos alunos. Todos os entrevistados julgaram que o jogo ensinou a classificar resíduos nas respectivas lixeiras de forma correta. E 93,3% dos alunos conseguiram realizar tal atividade no jogo, que poderá ser aplicada no dia-a-dia quando realmente forem descartados resíduos.

Quando questionados sobre o que aprenderam com My Clean Park, diversas respostas foram dadas pelos alunos, as quais foram resumidas em uma nuvem de palavras, exibida na Figura 6.

De forma resumida, o jogo My Clean Park auxilia indivíduos com DI a praticar e aprimorar sua coordenação motora fina e grossa, ao solicitar a movimentação coordenada de um personagem pela interface. Também estimula habilidades cognitivas como, memória, concentração, raciocínio lógico e resolução de problemas, tanto na atividade de coleta de resíduos recicláveis, quanto na classificação desses itens. Por fim, comandos de voz corrigem, estimulam e encorajam a interação entre o usuário com DI e o jogo.

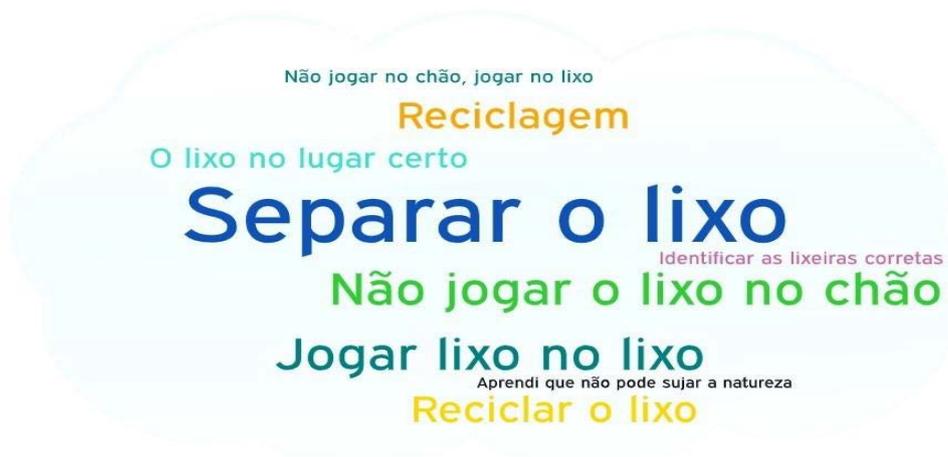


Figura 6. Respostas dos alunos

## 5. Conclusão

A reciclagem de resíduos é importante para a preservação do meio ambiente, e a disseminação do tema é fundamental para garantir um futuro sustentável. Jogos educacionais são uma forma eficaz e divertida de abordar o assunto, oferecendo entretenimento e oportunidades de aprendizado. Neste contexto, pesquisas foram realizadas para identificar jogos educacionais relacionados à reciclagem, especialmente voltados para o público com DI.

Constatou-se pelas buscas realizadas na literatura uma escassez de jogos que atendam a essa demanda. Como resultado, este artigo apresentou o jogo educacional My Clean Park, que aborda a temática da reciclagem e foi desenvolvido com foco em indivíduos com DI, além de também pode ser utilizado por crianças. O jogo estimula a interação, e os *feedbacks* motivam o usuário. Possui imagens intuitivas e apresenta textos

e áudios curtos e objetivos que proporcionam uma experiência inclusiva e enriquecedora para os alunos com DI.

O My Clean Park foi aplicado aos alunos com DI da instituição visitada previamente. Constatou-se que a manipulação do jogo, fazendo uso do teclado, foi realizada sem dificuldades pelos alunos. Também não foi necessária a intervenção para instruir constantemente os alunos sobre o manuseio do jogo. Isto demonstra que a interface da aplicação é intuitiva e os comandos de voz foram eficazes para que os alunos realizassem as atividades requeridas pelo jogo.

As respostas dos alunos durante a avaliação do jogo constataram que no quesito aprendido, foi assimilado a importância da destinação correta dos resíduos, assim como a sua reciclagem. Estes conhecimentos foram adquiridos pelos alunos com DI de forma divertida, espontânea e fácil.

## 6 Agradecimento

Este artigo foi desenvolvido com o apoio da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR.

## 7. Referências

- Bigui, C. Z. and Colombo, C. D. S. (2017) “Jogos Educativos Digitais na Evolução Cognitiva de Alunos Deficientes Intelectuais”. Congresso de Tecnologia da Informação. Campos dos Goytacazes, RJ: IFF, p. 1–7.
- Coleta seletiva. (2024) “Escola Games. Coleta seletiva: jogo educativo”, <https://www.escolagames.com.br/jogos/coleta-seletiva>, junho.
- Coquinhos (2024) “Reciclagem Interativa”. <https://www.coquinhos.com/reciclagem-interativa/play/>, junho.
- Coquinhos (2024) “Recycle Hero: Recicle e Classifique o Lixo”. <https://www.coquinhos.com/recycle-e-classifique-o-lixo/play/>, junho.
- Fox, J. et al. (2020). Using a serious game to communicate risk and minimize psychological distance regarding environmental pollution. In *Telematics and Informatics*, v. 46, p. 1-10. Elsevier.
- Games (2024) “Coleta seletiva: jogo educativo”. <https://www.escolagames.com.br/jogos/coleta-seletiva>, junho.
- Kids (2024). “Recycle Roundup”. <https://kids.nationalgeographic.com/games/action-adventure/article/recycle-roundup-new>, junho.
- Lenz, M. L. et al. (2020), Fundamentos de Aprendizagem de Máquina, Grupo A.
- Petri, G.; Wangenheim, C. Gresse Von and Borgatto, A. (2020). Meega+: Um modelo para a avaliação de jogos educacionais para o ensino de computação. In *Revista Brasileira de Informática na Educação*, v. 27, p. 52-81.
- Ramos, D. et al (2014). “O uso de jogos eletrônicos para o exercício das habilidades cognitivas: relato de uma experiência no ensino fundamental”. Anais X Seminário Jogos Eletrônicos, Educação e Comunicação. Salvador, BA: UNEB, v. 10, p. 1-9.

- Russell, S.; Norvig, P. (2021). *Artificial Intelligence: A Modern Approach*, Pearson Education Limited, 4th edition.
- Sutton, R. S. and Barto, A. G. (2018). *Reinforcement Learning: An Introduction*. The MIT Press, 2nd edition.
- Teixeira, T. da S. and Borges, H. B. “Recyclebot: jogo para ensino de reciclagem utilizando um agente inteligente”. *Anais XI de Extensão e Inovação*. Guarapuava, PR: UTFPR, 2021. v. 11, p. 1-8.
- Zhang, S. et al. (2023). Recent advances in plastic recycling and upgrading under mild conditions. In. *Green Chemistry*. v. 25, p. 6949-6970. The Royal Society of Chemistry.