

Uma aplicação da Robótica Educacional no estudo do número irracional π

An application of Educational Robotics in the study of irrational number π

Tiago Pereira Armão^I, Luciele Nunes^{II} e Cinthya Maria Schneider Meneghetti^{III}

RESUMO

Neste trabalho é apresentada uma proposta de utilização da Robótica Educacional como ferramenta de ensino para o estudo do número irracional π utilizando o Kit de robótica LEGO MINDSTORM EV3¹. O tema do trabalho foi escolhido baseado na necessidade de se transformar o ambiente de aprendizagem em um lugar atrativo para o aluno, inserindo a tecnologia como principal objeto de ensino permitindo o desenvolvimento do raciocínio lógico e do trabalho em equipe. Pautados no que descreve a BNCC, de acordo com a metodologia LEGO[®], foram desenvolvidos quatro planos de aulas sequenciais, aplicados à uma turma de 7o ano do Ensino Fundamental e apresentados os resultados. Os planos de aula buscaram o protagonismo do aluno, levando-o a assumir papel de investigador de conceitos e habilidades matemáticas essenciais para que possua o letramento matemático necessário e exigido pelas novas diretrizes básicas da educação.

Palavras-chave: Robótica Educacional; Ensino de Matemática; Número π ; Metodologia LEGO

ABSTRACT

This work presents a proposal for using Educational Robotics as a teaching tool for the study of the irrational number pi using the LEGO MINDSTORM EV3 robotics kit. The theme of the work was chosen based on the need to transform the learning environment into an attractive place for the student, inserting technology as the main teaching object and allowing the development of logical reasoning and teamwork. Based on what describes the BNCC, according to the LEGO[®] methodology, four sequential lesson plans were developed, applied to a class of 7th of Elementary School and presented the results. The lesson plans sought the protagonism of the student, leading him to assume the role of investigator of mathematical concepts and skills essential for him to have the mathematical literacy necessary and required by the new basic guidelines of education.

Palavras-chave: Educational Robotics; Mathematics Teaching; Number π ; LEGO Methodology

¹ De acordo com o site oficial da fabricante, a LEGO[®] Education divide-se em segmentos, sendo MINDSTORM EV3 considerado o mais avançado dos quatro segmentos, para alunos a partir dos 10 anos.

^I Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS. E-mail: janine_rs@hotmail.com

^{II} Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, RS. E-mail: russinunes@yahoo.com.br

^{III} Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, RS. E-mail: rogeriobelle@gmail.com



1 Introdução

Encontrar metodologias inovadoras que possibilitem a ampliação dos conceitos matemáticos e suas aplicações em contextos cotidianos dos alunos, como por exemplo, a robótica, é um desafio para os professores de matemática. Conforme descreve a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (BRASIL (2018)), a principal mudança no ensino da matemática deve basear-se no reconhecimento de que a tecnologia não é um elemento separado da Matemática. É neste viés que ela reconhece que campos como a programação e a robótica são cada vez mais presentes no convívio social e na vida profissional e por isso busca aproximá-los da disciplina.

Sendo assim, percebe-se uma demanda para que as instituições de ensino básico e o professor adotem novas posturas frente ao processo de aprendizagem, inserindo os meios tecnológicos em suas práticas pedagógicas. Como consequência, deseja-se a transformação do professor em mediador do conhecimento; da escola em ambiente de formação de cidadãos capazes de lidar com a tecnologia; e dos alunos em protagonistas do seu próprio aprendizado, sendo desafiados constantemente com experiências de aprendizagem significativas.

A robótica quando aplicada em sala de aula, pode tornar-se uma ampla ferramenta de ensino, devido a sua proximidade da tecnologia e relação direta com a matemática, desde sua forma mais simples. Uma dificuldade é encontrar na literatura atual novas abordagens de conteúdos matemáticos que utilizem a robótica educacional como meio investigativo. Sendo assim, o presente trabalho que surge a partir de uma dissertação de mestrado profissional em matemática, tem por objetivo propor a utilização da Robótica Educacional como ferramenta metodológica para o estudo do número irracional π relacionando-o com o comprimento da circunferência.

A metodologia utilizada foi desenvolvida pela LEGO® e é baseada em quatro fases: contextualizar, construir, analisar e continuar que foram alinhadas às habilidades e competências propostas pela BNCC. Conforme essa metodologia, foram elaborados quatro planos de aula aplicados a turmas do 7º ano de Ensino Fundamental, propondo atividades para melhorar o aproveitamento da disciplina. Buscou-se estimular o raciocínio lógico, o trabalho em equipe e a cooperação para desenvolvimento das habilidades do aluno, transformando o ambiente da sala de aula em um lugar de compartilhamento de conhecimento em situações contextualizadas à vivência do aluno para torná-lo protagonista do seu próprio aprendizado. Uma discussão dos resultados obtidos é apresentada na seção 4.

Na próxima seção, relaciona-se a matemática com a tecnologia em um contexto amplo e a robótica como parte dela.

2 Matemática, Tecnologia e Robótica

A matemática é necessária para o desenvolvimento de tecnologias e elas, conforme Tajra (2011), oferecem novas possibilidades de aprendizagem aos alunos e inovam o ensino da matemática. É o caso, por exemplo, das calculadoras, dos softwares de geometria e de análise estatística, dos jogos pedagógicos, videoaulas e outros recursos concretos, que trazem dinamismo e alternativas ao fazer pedagógico-matemático. Ao relacionarmos com a robótica, amplia-se o estudo da lógica matemática de programação, das bases de numeração binária, decimal e hexadecimal, das transformações geométricas e de unidades de medida, além de possibilitar a execução na prática de diversas situações-problemas nos mais variados contextos, estimulando a participação ativa do aluno e aumentando a intencionalidade pedagógica.

A utilização dos conceitos relacionados a robótica está diretamente vinculada ao uso de equipamentos que favoreçam o contato dos alunos com o planejamento, construção e controle dos robôs. Seguindo esta linha, encontram-se na literatura diversos kits educacionais adequados a diferentes faixas etárias e metodologias de aprendizado. Segundo Silva (2009), o mercado é composto por brinquedos pedagógicos com eletrônica de controle; kits educacionais com foco em alunos do Ensino Fundamental e Médio; conteúdo didático e competições utilizando kits de montagem robótica; e até robôs de pequeno porte para o nível técnico e de graduação.

Em 1980, por meio de uma parceria entre o Grupo LEGO® e o Media Lab do MIT, surgiu o ramo de atividade especialmente voltado à educação: a LEGO® Education. Conforme Cysneiros (1999), a LEGO® Education desenvolveu uma metodologia inovadora, que contempla:

- Utilização de jogos educativos;
- O trabalho em equipe;
- Quatro momentos: Contextualizar, Construir, Analisar e Continuar.

De acordo com ZOOM (2013), a contextualização é essencial para situar o aluno diante de um sujeito, uma situação, um contexto, podendo ser uma situação-problema relacionada com o mundo real. Ainda cita que na fase Contextualizar, onde “Estabelece-se uma conexão dos conhecimentos prévios, que o aluno possui, com os novos. Nesse momento, o aluno entra em contato com o tema com o qual irá trabalhar na fase seguinte. Aqui, o educador convida o aluno a participar da atividade prática” (ZOOM, 2013, p.24).

Definida a situação, os alunos partem para a etapa da construção, sendo toda a atividade de construção relacionada à contextualização. O propósito é diminuir o distanciamento entre a situação presente (conside-

rada insatisfatória) e uma situação desejada (finalidade a ser alcançada). Na etapa Construir:

O aprendizado ativo envolve dois tipos de construção: a construção física e a mental. Ou seja, quando as crianças constroem artefatos no mundo “real”, simultaneamente constroem conhecimento na mente. O processo de construção física de modelos proporcionará um ambiente de aprendizagem fértil para o processo de mediação a ser realizado pelo educador, que negociará conflitos, ouvirá diferentes ideias e opiniões para os mesmos problemas propostos e orientará quanto ao uso racional e efetivo da tecnologia e à aquisição de novos conhecimentos. (ZOOM, 2013, p.25)

De posse do objeto físico construído por suas próprias mãos, e feita a mediação da etapa de construção, a aula parte para a fase da análise, na qual os alunos discutem entre si o funcionamento do objeto e como ele resolverá (ou abordará) o problema contextualizado. Por meio do trabalho coletivo, é nesta etapa que os alunos são levados a resolver os problemas cuja resolução não é evidente a priori. Sobre a etapa Analisar:

... os alunos são levados a pensar como funcionam suas montagens, experimentando, observando, analisando, corrigindo possíveis erros e validando assim o projeto. Ao analisar o que foi feito, os alunos têm a oportunidade de aprofundar seu conhecimento. Como resultado, desenvolvem conexões entre o conhecimento anterior e as novas experiências vivenciadas. (ZOOM, 2013, p.25)

Por fim, na etapa da continuação é delimitada uma nova situação-problema (ou ainda um aprofundamento da situação inicial), que exigirá dos alunos a análise do que já foi feito para conseguir resolver o novo problema por meio do raciocínio lógico, da adaptação do que foi construído ou da aplicação de um método desenvolvido anteriormente. Logo, na etapa Continuar “...os alunos são convidados a resolver uma situação-problema. Com isso, eles se mantêm em um estado de motivação intrínseca, fazendo com que o processo de ensino e aprendizagem se torne cíclico e contínuo” (ZOOM, 2013, p.25).

Sendo assim, as aulas propostas pela metodologia LEGO® não significam apenas construções de alguma montagem de peças LEGO®, mas sim um processo que tem um objetivo bem definido e delineado. Nesse processo, o aluno é avaliado pelo que aprendeu na interação com o meio e com os objetos a sua disposição. Ressalta-se então que “o objetivo não é verificar se o aluno conseguiu ou não montar, mas avaliar o que foi aprendido no processo de construção” (ZOOM, 2013, p.22).

3 Atividades Propostas

A seguir são apresentados quatro planos de aula sequenciais com fundamentação baseada nas diretrizes propostas pela BNCC. Cada plano é denominado com as letras A até D, sugerindo a ordem para serem aplicados. O material disponibilizado pelo professor, que é chamado de Material do Aluno, encontra-se disponível no formato PDF em <https://sistemas.furg.br/sistemas/sab/arquivos/bdtd/0000012818.pdf> a partir da página 102, separado por aula. O passo a passo da construção do robô desenvolvido na Aula B encontra-se disponível no formato PDF em <https://drive.google.com/open?id=1v8L78sdrBBWz45jB6LIWvuhLvpsLmhfb>.

3.1 Plano de Aula A: Conceitos Preliminares

O primeiro encontro versa sobre os conceitos chave relacionados à circunferência, diferenciando-a do círculo e utilizando instrumentos de desenho para fazer a sua representação geométrica. Essa aula caracteriza a etapa Contextualizar da Metodologia LEGO® e a unidade temática contemplada é a Geometria. O tempo estimado para essa aula é de 100 minutos e o espaço para

realização das atividades é o Laboratório de Matemática da Instituição, equipado com um computador conectado em um projetor digital com acesso à internet, além de ferramentas de desenho (régua, compasso) suficientes para o trabalho individual de todos os alunos.

No primeiro momento da aula, mostra-se um conjunto de imagens previamente selecionadas contendo diversas formas circulares distintas, a fim de conduzir os alunos a definir a diferença entre círculo e circunferência informalmente. Após, marca-se um ponto no quadro branco e é escolhida coletivamente uma distância, por exemplo, 20 cm. Com o auxílio de uma régua de madeira, convida-se os alunos a marcar pontos distantes 20 cm do ponto marcado inicialmente com o objetivo de definir a circunferência como Lugar Geométrico dos pontos que equidistam de um ponto dado, bem como seus elementos.

Em seguida, é entregue (para cada aluno) um compasso, uma régua e o Material do Aluno. A Figura 1 mostra a solução de um exercício proposto no material, fora de escala.

Após a resolução dos exercícios, propõe-se a etapa da construção artística em uma folha de papel A4 entregue a todos os alunos, que utilizaram além das ferramentas de desenho, lápis de cor, giz de cera e canetas coloridas. Duas composições utilizando circunferências feitas pelos alunos da turma em que as

atividades foram aplicadas podem ser vista na Figura 2.

Figura 1 – Solução do Exercício 1 do Plano de Aula A

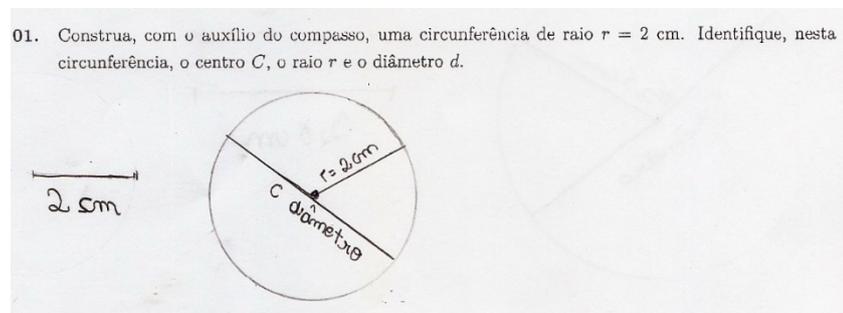
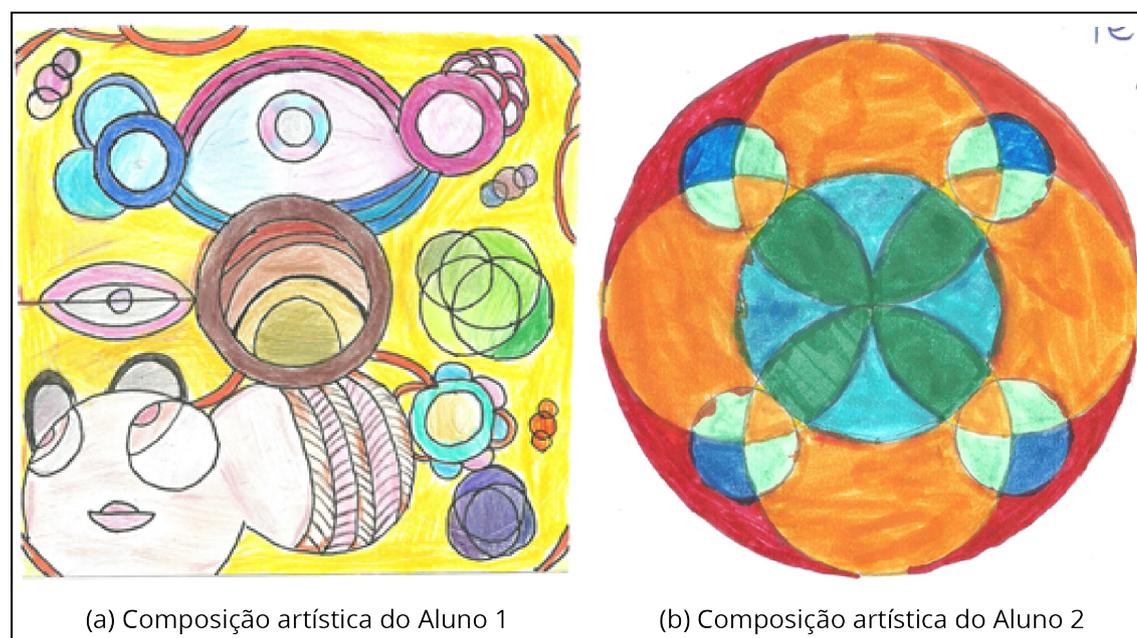


Figura 2 – Composições artísticas (a) e (b) criadas por alunos participantes



Outra atividade interdisciplinar desenvolvida foi a Etapa Contextualizar da Aula B. Ao expor a história da roda, a concentração dos alunos aos fatos e a participação ativa na discussão sobre o assunto mostra a necessidade de abordar a matemática ligada às diferentes situações do aluno. A seguir, descreve-se a proposta para o Plano de Aula B.

3.2 Plano de Aula B - Descobrimo o π com a Robótica

Nessa aula, o recurso utilizado será a robótica educacional como ferramenta auxiliar de ensino, com a qual os alunos obterão na prática um valor aproximado para o número π . Esta aula necessita do passo a passo da construção do robô desenvolvido para esta atividade. As unidades temáticas contempladas são Geometria e Grandezas e Medidas e a aula caracteriza as etapas Contextualizar, Construir e Analisar da metodologia LEGO®. O tempo estimado para a realização das atividades é de 100 minutos.

No primeiro momento, os alunos são divididos em grupos e é distribuído então para cada grupo um Tablet com acesso a internet, um Kit LEGO MINDSTORM EV3, uma calculadora e Material do Aluno.

A etapa Contextualizar da metodologia ocorre por meio da leitura coletiva de um texto disponibilizado no Material do Aluno, estabelecendo-se uma conversa construtiva a respeito do desenvolvimento da roda perante as gerações da história. Para a etapa Construir, é disponibilizado nos tablets o PDF contendo as instruções de montagem do robô proposto. A Figura 3 mostra um grupo de estudantes do sétimo ano montando o seu robô.

Figura 3 – Alunos montando o robô na Etapa Construir



Durante a construção do robô, a pista de testes deve ser montada pelo professor no chão do laboratório utilizando fita isolante, com marcações feitas aleatoriamente. Ao terminarem a etapa Construir, os alunos devem começar a seguir o passo a passo da etapa Analisar, medindo com uma trena e anotando as distâncias das marcações na pista. A Figura 4 mostra a pista pronta e os alunos fazendo as medições.

Figura 4 – Alunos medindo as marcações na pista pronta



Após, inicia a fase de testes. No detalhe na Figura 5, está a ideia de um dos grupos que executaram as atividades propostas para auxiliar a contagem do número de rotações (fixando a tampa de caneta) e que foi replicada pelos demais grupos.

Na sequência, com o auxílio da calculadora, os alunos concluem as atividades do Material do Aluno medindo o comprimento da pista, o número de rotações e o comprimento da circunferência da roda, orientados a utilizar o maior número de casas decimais possível. Com o fim da atividade, os grupos compartilham seus resultados e começam as discussões dos valores encontrados e das etapas da atividade. Após a formalização da relação (onde C é o comprimento da circunferência e d é o seu diâmetro) retomam-se os conceitos abordados, sempre com o auxílio do professor.

3.3 Plano de Aula C - Um desafio de robótica

A proposta dessa aula é a realização de um desafio envolvendo robótica. Esta aula caracteriza a etapa Continuar da metodologia LEGO® e tem duração prevista de 50 minutos. A pista deve ser adaptada com uma nova marcação, aqui denominada “marcação desafio”, escolhida em uma posição intermediária da pista original, conforme sugestão mostrada na Figura 6.

Figura 6 – Pista adaptada com a marcação desafio, em linha vermelha



O desafio da aula é: de posse da medida do início da pista até a marcação desafio, programar o número de rotações necessárias para que o robô percorra exatamente esta distância. Sugere-se cronometrar as etapas para que o desafio fique mais intenso.

Após as programações, segue a fase de testes na pista e o compartilhamento dos resultados dos experimentos.

3.4 Plano de Aula D - Formalizando conceitos e praticando

Nessa aula ocorre a explicação teórica em relação ao tema, abordando o comprimento da circunferência e sua relação com o diâmetro, relacionando com o que foi experimentado nas aulas envolvendo robótica educacional. Essa aula caracteriza a etapa Continuar da metodologia LEGO® e o tempo estimado para a realização das atividades é de 100 minutos.

Sugere-se no início da aula dividir os alunos em grupos com quatro integrantes e após entregar por grupo: três objetos circulares distintos; um pedaço de barbante de aproximadamente 1,50 metros; uma régua e uma calculadora.

Na sequência, os alunos deverão resolver o primeiro exercício do Material do Aluno, que solicita medir o comprimento da circunferência de cada objeto circular e dividir pelo seu diâmetro. Dessa forma, pode-se descobrir qual equipe consegue obter o valor mais próximo a $\pi = 3,1415 \dots$. Após o compartilhamento dos resultados, redefinir a relação como $C = 2\pi r$ (onde C é o comprimento da circunferência, r seu raio e $d = 2r$ é o seu diâmetro), sendo essa uma forma alternativa para obter o comprimento da circunferência.

Ao dar continuidade a aula, sugere-se iniciar uma discussão sobre como o π se desenvolveu através da história e como os diferentes matemáticos conseguiram estimar seus dígitos. Posteriormente, orientar os alunos a resolver os demais exercícios individualmente. Na próxima seção, apresenta-se os resultados obtidos a partir da aplicação das atividades propostas.

4 Resultados

São expostos aqui os resultados e análises da aplicação dos Planos de Aula A até D que foram propostos em uma turma do 7º Ano, constituída por 21 alunos de uma escola particular na cidade de Pelotas. Para que as análises quantitativas pudessem ser realizadas, os registros físicos das atividades escritas ficaram retidos com o professor, que pôde mensurar não só acertos e equívocos em exercícios, mas também o engajamento dos alunos. Em cada aula as evidências foram coletadas por meio da interação do professor com os discentes, de anotações descritivas, fotografias e vídeos. A participação e o interesse dos estudantes durante as atividades propostas também foram considerados, tanto na prática com a robótica quanto nas aulas teóricas.

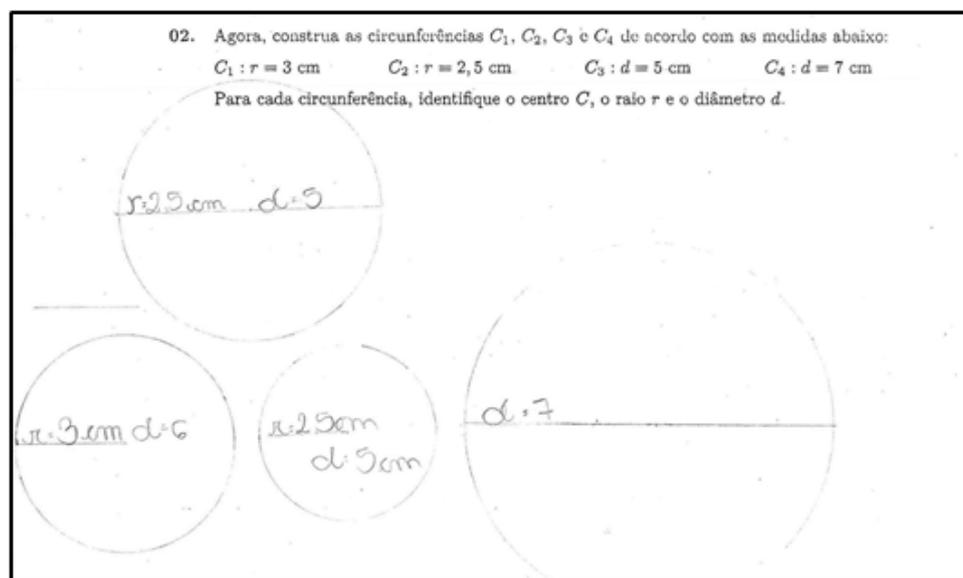
No primeiro exercício do Material do Aluno fornecido na Aula A, a construção da circunferência pedida foi de fácil execução. Em relação ao processo de construção, alguns alunos relataram dificuldade no manuseio do compasso, e preferiram girar a folha de papel ao invés de girar o compasso. Outra dificuldade percebida durante a execução foi escolher um lugar na folha para o centro da circunferência de modo que, ao traçá-las, nenhuma ficasse sobreposta a outra.

Em relação ao traçado, sete alunos desenharam equivocadamente a circunferência C_3 , (veja o enunciado na Figura 7) representando-a por uma circunferência de raio 5 cm e diâmetro 10 cm. Tal fato pode ser justificado pela forma como o exercício foi apresentado: nos dois primeiros itens é fornecida a medida do raio, porém os dois últimos fornecem a medida do diâmetro. Acredita-se que os alunos não tenham percebido que a informação 5 cm tratava-se do diâmetro e não mais do raio, gerando uma circunferência de raio equivalente ao diâmetro procurado.

Em relação a indicação dos elementos, todos os alunos a fizeram de forma correta. Ressalta-se que grande parte dos alunos (9 alunos) não identificaram, em pelo menos uma delas, o centro da circunferência.

Um aluno em específico apresentou domínio do compasso para construção, porém não utilizou as medidas certas na abertura do compasso, resultando em circunferências com as medidas diferentes das solicitadas. Percebe-se na solução do aluno, mostrada na Figura 7, que o aluno indica as medidas certas, porém seus traçados são inconsistentes visualmente, onde uma circunferência de raio 2,5 cm é maior que uma de raio 3 cm.

Figura 7 – Solução inconsistente para o exercício 2 da Aula A



No exercício seguinte da mesma aula, destaca-se o conceito de corda definido por 8 alunos: corda é um segmento de reta que une dois pontos da circunferência e que não passa pelo centro. Diâmetro, por sua vez, é o segmento de reta que passa pelo centro. Tal definição contraria a definição matemática, discutida na sala de aula.

Na definição de centro, um aluno definiu com precisão que "centro é o ponto em que a distância é a mesma para todos os lados". Outro escreveu que "é o ponto que tem a mesma distância a qualquer parte da circunferência." Os demais, relacionaram o centro como sendo o "meio da circunferência".

Ao analisar o exercício enunciado na Figura 8, a maioria dos alunos (16 alunos) não conseguiu recordar que a circunferência é um Lugar Geométrico. Apenas quatro citaram a palavra corretamente e um usou a palavra conjunto para definição, mostrando entendimento do conceito de Lugar Geométrico, que representa uma solução ideal para o exercício.

Figura 8 – Solução para o exercício 05 da Aula A

05. Complete os espaços abaixo com as respostas corretas.

- A) A circunferência é o lugar geométrico dos pontos de um plano que estão a uma mesma distância de um ponto fixo C, chamado de centro. A distância dos pontos até C é chamada de raio.
- B) O diâmetro de uma circunferência pode ser facilmente calculado lembrando que ele é o dobro da medida do raio.
- C) Uma circunferência de raio 12 cm possui diâmetro igual à 24 cm.
- D) O diâmetro de uma circunferência de raio 7,5 cm é 15 cm.
- E) Para que o diâmetro de uma circunferência seja 9 cm, o raio da circunferência deve ser 4,5 cm.

O resultado indica que, embora dominassem a técnica de construção e as definições dos elementos, a maioria dos alunos não conseguiu compreender a definição formal de circunferência. Durante a correção oral do exercício, os alunos foram questionados do porquê desta dificuldade. Segundo os próprios alunos, muitos estão acostumados a apenas repetir cálculos para resolver exercícios, deixando de lado o próprio conceito do que se está estudando, uma vez que as avaliações não exigem domínio conceitual, mas sim a técnica para solução de exercícios.

Destaca-se aqui que o relato supracitado deve ser visto como um potencial obstáculo na aplicabilidade da nova BNCC para a área da matemática. O novo documento, passou a priorizar a busca pelo letramento matemático, que envolve não só o domínio da técnica de resolução, mas também o domínio conceitual. Percebe-se então que o profissional deverá dar ênfase em sala aos conceitos e demonstrações, e o aluno, assumir o perfil de investigador destes conceitos, para de fato, possuir o letramento desejado. Na Aula B, outra atividade interdisciplinar desenvolvida ocorreu durante a Etapa Contextualizar. Ao expor a história da roda, questionamentos sobre como seria a dificuldade de se transportar objetos antes do desenvolvimento da roda ou sobre quão difícil é imaginar uma sociedade sem a roda, foram norteando a conversa construtiva, até a discussão sobre a importância dos elementos circulares (como engrenagens, discos, aros) no cotidiano dos alunos.

A discussão introduziu o objetivo da aula em questão, que procedeu com a construção do robô. Na Etapa Construir o contato inicial com a tecnologia, utilizando os tablets para acessar o passo a passo da construção, possibilitou o dinamismo da mesma. Caso o aluno errasse, poderia retornar e observar o passo novamente. Os alunos não tiveram dificuldade em realizar a etapa construtiva.

Durante a Etapa Analisar, dificuldades foram enfrentadas. Dois dos cinco grupos montados tiveram problemas no manuseio da trena. Outro grupo, se deveria anotar as medidas acumuladas ou relativas. Entretanto, a dúvida mais comum foi o preenchimento do quadro da atividade (Figura 9). O fato se justifica na ansiedade das equipes, que queriam começar a prática na pista sem antes ler o que o próprio material instruíra.

Uma das equipes ficou em dúvida no processo de medição dos comprimentos da pista: como a fita isolante possuía uma largura de 1 cm, os estudantes queriam saber se eles anotavam a distância no início, no meio ou no final da fita de marcação. Sem que o professor decidisse, a equipe priorizou anotar sempre o valor central. Esta precisão na leitura das marcações da pista levou os grupos a encontrarem diferentes distâncias, entretanto, as diferenças não superaram a amplitude de 2 cm. Um exemplo preenchido por um dos grupos está detalhado na Figura 9.

Figura 9 – Preenchimento do Quadro de atividades na Etapa Analisar da Aula B

Teste	Comprimento da pista	Número de rotações	Circunferência
1	7,78 cm	4,5	17,28
2	1,4758 cm	8,25	12,915
3	209 cm	19	17,6
4	310,7 cm	17,25	18,057
5	301,2897 cm	21,75	17,91

...

A contagem do número de rotações foi diferente para cada equipe. Uma contavam a rotação quando o pino de identificação alcançava a parte superior. Outras, contavam na parte inferior. As diferenças encontradas nos registros dos alunos não excedem em 1 rotação, o que indica a contagem correta aproximada de todas as equipes.

Embora a instrução fosse utilizar o maior número de casa decimais no preenchimento da última coluna do Quadro, apenas uma equipe utilizou mais de cinco casas decimais. As demais, registraram os valores com duas, três ou quatro casas de precisão. A média dos comprimentos de circunferência encontrados ficaram entre 17,7529 e 18,452. Ao dividirem o comprimento médio pelo diâmetro, os resultados encontrados estavam entre 3,22 e 3,606072.

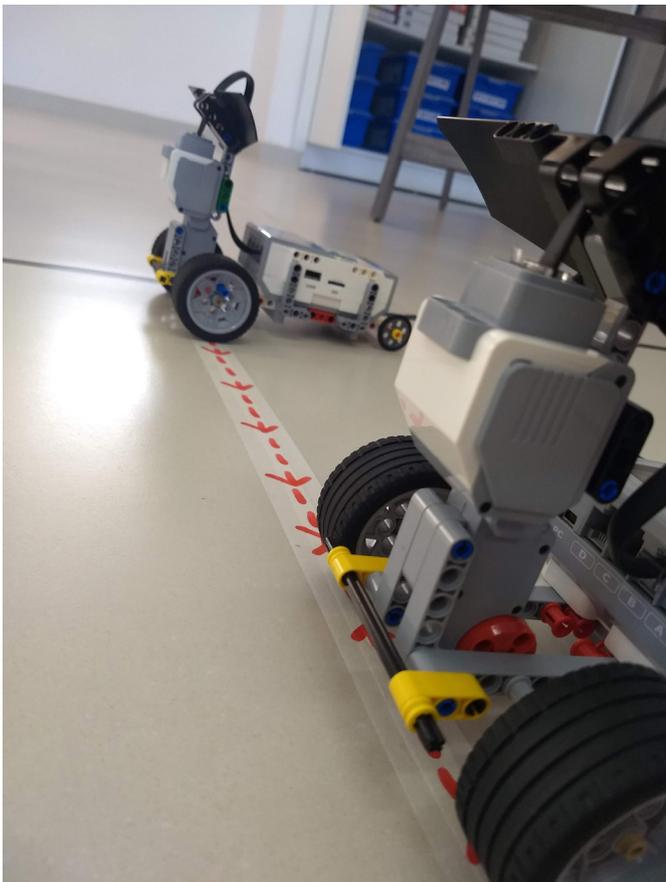
Considera-se que os resultados foram satisfatórios, uma vez que foram próximos aos valores de π . Assim, foi feita a explicação da relação entre π , o comprimento C e o diâmetro d da circunferência. Ao analisar os dados dos alunos, percebeu-se que o erro maior estava na medida do diâmetro da roda respondida na Etapa Construir. Duas equipes colocaram que o diâmetro era 5 cm, duas que o diâmetro era 5,5 cm e uma, 5,1 cm. Esta diferença, embora pequena, interfere significativamente no quociente final da atividade. A contar, salienta-se que a medida correta do diâmetro é 5,6 cm.

Se os cálculos das equipes tivessem considerado o diâmetro correto da roda, encontrariam-se resultados entre 3,17 e 3,28, uma precisão muito mais alta. Ainda assim, pode-se considerar que o objetivo da aula foi alcançado.

Na Aula C, durante a execução do desafio proposto, as equipes mostraram-se ativamente participativas. Os alunos, por meio da competição saudável, buscaram obter ao máximo a precisão não encontrada na aula anterior para resolver o desafio. O sigilo no compartilhamento das informações entre os próprios integrantes do grupo é um exemplo disto. Nesta aula os alunos dominavam a técnica necessária nas medições da pista e tentavam, a partir da relação (onde C é o comprimento da circunferência e d é o seu diâmetro) encontrar o número de rotações.

A parte mais emocionante da aula ficou evidenciada na hora dos testes. Como era permitido apenas um teste por equipe, o momento era de apreensão para descobrir se os cálculos de cada um estavam corretos. Surpreendentemente para todos, duas equipes conseguiram a exatidão no resultado, conforme mostra a Figura 10. As demais equipes ficaram próximas, porém não obtiveram a precisão requisitada. Assim, foi declarado empate entre as duas mais precisas e, desta forma, foi atingido o objetivo esperado.

Figura 10 – Resultado do desafio proposto na Aula C



Aula D, o resultado de um dos grupos para as razões entre o comprimento da circunferência dos objetos e o seu diâmetro, proposta pelo primeiro exercício do Material do Aluno, é detalhado na Figura 11. Conforme é possível observar, a equipe encontrou para essa razão valores entre 3,18 e 3,55. As demais equipes mantiveram o mesmo padrão: dentre todos os resultados, o menor valor encontrado para a relação foi 3,14184397... e o maior valor, 4,89. O resultado em questão é de fato esperado, uma vez que o objetivo da atividade é que a razão resulte, conforme o embasamento matemático, em um valor próximo ao número π .

Figura 11 – Valores encontrados por uma das equipes no preenchimento da atividade da aula D

Objeto	Comprimento (C) da Circunferência	Diâmetro (d)	$\frac{C}{d}$
Objeto	8,5	2,4	3,541666...
Objeto	10,5	3,2	3,28125
Objeto	42,4	13,3	3,18796992...

Pode-se perceber que os resultados encontrados pelos grupos figuram muito próximos da margem de erro de 4 décimos devido a importância dada para a precisão das medidas. Esta mesma precisão levou um dos grupos a obter o valor $\pi = 3,14184397...$ que é correto até a terceira casa decimal.

É interessante notar que nenhum dos resultados obtidos gerou valores menores que π . Além disso, o maior valor encontrado ($\pi = 4,89$) foi obtido na relação calculada para a esfera fornecida a um dos grupos. A imprecisão deste fato é justificada pela dificuldade relatada pelos integrantes ao medir o diâmetro da circunferência da esfera. Quando os resultados de cada grupo foram compartilhados oralmente ficou evidente a diferença deste resultado, uma vez que foi o único valor acima de 4. Os alunos então, intrigados com o erro, buscaram medir novamente as informações, corrigindo o valor para 3,1753246. . . .

A utilização da relação $C = 2\pi r$ (onde C é o comprimento da circunferência e r é o seu raio) muitas vezes não aparece de forma explícita na solução dos alunos. Em alguns casos, suas resoluções sequer montam uma equação para resolver o exercício, como mostra a Figura 12. Basta uma análise mais detalhada para que se perceba que a estrutura do raciocínio deste aluno segue a relação $C = 2\pi r$, uma vez que o aluno realizou primeiramente o cálculo $2 \cdot r$ e, com o resultado, determinou o produto com π .

Este tipo de raciocínio é justamente o que a BNCC prevê dentro dos seus objetivos: que os alunos articulem suas próprias soluções utilizando o pensamento algébrico como linha de raciocínio, e não necessariamente manipulando símbolos.

Figura 12 – Articulação do raciocínio de um participante no exercício 5 - Aula D

05. Calcule o comprimento das circunferências cujas informações são dadas abaixo.

A) O raio é igual a 10 cm.

$$\begin{array}{r} 10 \mid 20 \\ \times 3,14 \\ \hline 20 \\ + 62,80 \\ \hline 62,80 \end{array}$$

B) O raio é 75 cm.

$$\begin{array}{r} 75 \mid 150 \\ \times 3,14 \\ \hline 150 \\ + 471,00 \\ \hline 471,00 \end{array}$$

C) O diâmetro é 25 cm.

$$\begin{array}{r} 25 \\ \times 3,14 \\ \hline 25 \\ + 1100 \\ \hline 65 \\ \hline 78,50 \end{array}$$

D) O diâmetro é 64 cm.

$$\begin{array}{r} 64 \\ \times 3,14 \\ \hline 64 \\ + 192 \\ \hline 200,96 \end{array}$$

Quatro alunos deixaram de realizar dois exercícios. Durante a correção coletiva foi dada uma atenção maior a eles, explicando o exercício oralmente. Após a explicação, os alunos (integrantes do mesmo grupo) relataram que sentiram dificuldade na interpretação destes problemas, mas após a explicação oral, conseguiram entender facilmente o que deveria ser realizado.

Tal situação emite ao professor um alerta à respeito das possíveis defasagens de seus alunos: muitas vezes, o aluno pode dominar a técnica de resolução de problemas, mas não é capaz de interpretar os dados da situação para conseguir resolvê-lo, mesmo que o problema relacione questões não tão distantes à realidade

...

do aluno. É o caso, por exemplo, do exercício da Figura 13. A situação descrita pelo exercício é semelhante a atividade prática desenvolvida nas Aulas B e C, nas quais os alunos obtiveram êxito. Contudo, quando a situação aparece na forma de problema, existe ainda uma lacuna entre o desejável e o perceptível. A Figura 13 mostra uma solução desejada para o exercício 07.

Figura 13 – Articulação do raciocínio de um participante no exercício 7 - Aula D

07. Um carrinho de brinquedo percorre uma distância de 3,5 metros com uma roda de 2,5 cm de raio.
 Quantas rotações a roda dará ao percorrer essa distância?

$C = 2\pi R$

$C = (2 \cdot 3,14) \cdot 2,5 = 15,70$

$C = 15,7 \text{ cm}$

$3500 \div 157 \approx 22,16$

Em relação à inserção da história do π no final da aula D, destaca-se o resultado principal notado pelo professor: o interesse coletivo dos alunos quanto às descobertas feitas pelos antigos matemáticos em épocas em que a tecnologia digital não existia. Não à toa, excedeu-se em 10 minutos o tempo previsto nesta conversa. Perguntas do tipo “[...] como que conseguiram perceber isso (referindo-se à relação de π com a circunferência e o diâmetro)?” ou “Mas para que tantas casas decimais?” foram conduzindo o debate. Da mediação, destaca-se que ao comentar em sala sobre o procedimento proposto por Arquimedes para obter o valor aproximado de π , um aluno comparou o resultado do matemático com os resultados encontrados pelo grupo na primeira atividade da Aula D e constatou que eles, mesmo com a calculadora e com a régua, ficaram fora do intervalo proposto por Arquimedes. Acredita-se que mostrar para o aluno que os conceitos matemáticos não são obtidos de estudos rápidos, mas sim com longos anos de estudo, colaboração, erros e acertos, contribua com a desmistificação de que a matemática é intangível, uma vez que é construída de forma colaborativa.

5 Considerações Finais

Quanto à aplicação das atividades, destaca-se a postura dos alunos perante a realização das tarefas. A concentração, o empenho e o comprometimento observado indica a alta receptividade da inserção da tecnologia e da robótica na aula de matemática. Indo mais adiante, o simples uso do compasso, foi de grande importância para deixar a aula mais atrativa.

Embora nem sempre os exercícios tenham sido resolvidos integralmente como esperado, por exemplo, quando dos 21 estudantes que participaram da atividade, 9 não identificaram o centro em alguma circunferência, considera-se que o trabalho tenha atingido um aproveitamento satisfatório quanto as atividades elaboradas, uma vez que ficou evidente o desenvolvimento do raciocínio lógico, do trabalho em equipe e da cooperação, competências importantes descritas na BNCC.

Neste caminho, destaca-se a importância da utilização da robótica como ferramenta metodológica de ensino, uma vez esta que permitiu a execução na prática de diversos conceitos relacionados à circunferência de forma simples e dinâmica. A troca de ideias e opiniões, estimulada durante a inserção de elementos históricos durante as aulas e durante a realização das atividades envolvendo a robótica educacional, levaram a transformação do ambiente de aprendizado em um ambiente de compartilhamento de conhecimento, que aliados à cooperação e ao trabalho coletivo, deixaram as aulas desafiadoras e atrativas, barreiras difíceis de serem quebradas em aulas tradicionais de matemática.

No que se refere aos conceitos abordados em aula, chama atenção o fato dos alunos conseguirem dominar a técnica de resolução de exercícios mas não conseguirem dominar o conceito matemático básico que o exercício abrange. Este domínio pode ser um potencial obstáculo na aplicabilidade da BNCC, uma vez que é comum em uma avaliação deixar-se de lado a cobrança do conceito e priorizar a técnica. As novas exigências da BNCC demandarão dos professores uma ênfase maior para as demonstrações e conceitos, e dos alunos, o perfil de investigadores destes mesmos conceitos.

Espera-se ainda que as atividades propostas sirvam de incentivo a outros profissionais da área para que desenvolvam novas práticas docentes baseadas na utilização da Robótica Educacional. Além disso, que os alu-

nos participantes das atividades sintam-se motivados a buscarem o conhecimento matemático por meio de experiências significativas, levando a matemática à sua forma mais simples: uma ciência viva.

Referências

BRASIL (2018). A Base Nacional Comum Curricular. Sítio Ministério da Educação, URL <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/abase/>.

Cysneiros, P. G. (1999). Resenha crítica - a máquina das crianças: Repensando a escola na era da informática. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, 3(5), 139–144.

Silva, A. F. d. (2009). *RoboEduc: Uma metodologia de aprendizado com Robótica Educacional*. URL <http://repositorio.ufrn.br:8080/jspui/handle/123456789/15128>.

Tajra, S. F. (2011). *Informática na Educação: novas ferramentas pedagógicas para o professor na atualidade*. Érica. ZOOM, E. E. (2013). *Manual Didático Pedagógico*. ZOOM Editora Educacional, Curitiba.