UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS

Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional
PROFMAT

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Circuitzles: Lógica Proposicional na Educação Básica

Vitor Rafael Morais e Silva

Maceió, Dezembro de 2020

Instituto de Matemática

PROFMAT

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
INSTITUTO DE MATEMÁTICA
MESTRADO EM MATEMÁTICA EM REDE NACIONAL

VITOR RAFAEL MORAIS E SILVA

CIRCUITZLES: LÓGICA PROPOSICIONAL NA EDUCAÇÃO BÁSICA

Maceió 2020

Vitor Rafael Morais e Silva

CIRCUITZLES: LÓGICA PROPOSICIONAL NA EDUCAÇÃO BÁSICA

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional (PROFMAT) do Instituto de Matemática da Universidade Federal de Alagoas, como requisito parcial para obtenção do grau Mestre em Matemática.

Orientador: Prof. Dr. Amauri da Silva Barros

Maceió 2020

Catalogação na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico
Bibliotecário: Marcelino de Carvalho Freitas Neto – CRB-4 – 1767

S586c Silva, Vitor Rafael Morais e.
Circuitzles : lógica proposicional na educação básica / Vitor Rafael Morais e Silva. - 2021.
47 f. : il.

Orientador: Amauri da Silva Barros.
Dissertação (Mestrado Profissional em Matemática) – Universidade Federal de Alagoas. Instituto de Matemática. Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional, 2020.

Bibliografia: f. 37.
Apêndices: f. 39-47

1. Álgebra booleana. 2. Ludicidade. 3. Raciocínio computacional. 4. Circuitos lógicos I. Título.

CDU: 372.851:004.312.44

Folha de Aprovação

VITOR RAFAEL MORAIS E SILVA

Circuitzles: Lógica Proposicional na Educação Básica

Dissertação submetida ao corpo docente do Programa de Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional (PROFMAT) do Instituto de Matemática da Universidade Federal de Alagoas e aprovada em 09 de dezembro de 2020.

Amauri Barros

Prof. Dr. Amauri da Silva Barros – UFAL (Orientador)

Banca Examinadora:

Vanio Fragoso de Melo

Prof. Dr. Vanio Fragoso de Melo – UFAL (Examinador Interno)

Arlyson Nascimento

Prof. Dr. Arlyson Alves do Nascimento – IFAL (Examinador Externo)

Este trabalho é dedicado a meus filhos: Gabriel, Gabrielly e Laura, que são as fontes da minha persistência.

Agradecimentos

Agradeço a meus pais por me incentivarem, a meus amigos Estevam e Max que me auxiliaram nas dúvidas, a meu orientador e aos membros da banca pelos direcionamentos e principalmente à minha esposa que me apoiou diariamente me permitindo tempo para prevalecer.

“Se ninguém esperar nada de mim, só posso surpreendê-los”

Resumo

O objetivo deste trabalho é propor a criação de um modelo lúdico capaz de ensinar lógica proposicional às crianças do ensino fundamental I e II de uma forma bem simples e natural. Para isso foi desenvolvido um jogo baseado em circuitos lógicos, que é uma aplicação direta da lógica proposicional, que utiliza 4 modos distintos de controle de dificuldade. Através dos estudos realizados, pode-se afirmar que tanto a lógica quanto a ludicidade são ferramentas que melhoram a capacidade acadêmica, social e, futuramente, profissional das crianças. Isso porque a criança irá desenvolver sua concentração, raciocínio, compartimentalização de tarefas e planejamento, além da base para argumentação, teoria dos conjuntos e eletrônica. O trabalho evidenciou que o jogo proposto é capaz de trazer os benefícios almejados. Devido a proposta de ampla faixa de aplicação do jogo (por volta de 9 a 10 anos de duração) e a situação pandêmica vigente, não foi possível fazer todos os testes necessários.

Palavras-chaves: Lógica booleana. Ludicidade. Raciocínio computacional. Circuitos lógicos.

Abstract

This work proposes the creation of a playful model of teaching propositional logic in basic education, more specifically in elementary education. The game was created thinking about how to bring these teachings in a very simple and natural way. With that, the use of difficulty levels was considered. Circuitzles is a set of puzzles made from logic circuits, which is a direct application of propositional logic. It has 4 different modes of difficulty control, they are: color, quantity, complexity and knowledge. Through studies, it can be said that both logic and playfulness are tools that improve children's academic, social and, in the future, professional capacity. With Circuitzles, the company will develop its concentration, capacity for association, compartmentalization of tasks and planning, in addition to the basis for argumentation, set theory and electronics. The continued use of the game, progressively raising the levels according to the development of each one, will bring these benefits so naturally that the child will not even realize that it has been taught.

Key-words: Boolean logic. Playfulness. Computational reasoning. Logic circuits. Logic gates.

Lista de ilustrações

Lista de símbolos

$\vee$ Disjunção inclusiva

$\wedge$ Conjunção lógica

$\neg$ Negação lógica

$\veebar$ Disjunção exclusiva

Sumário

1 Introdução

O uso de jogos na educação é um tema que já foi bastante discutido na pedagogia infantil. Pode-se dizer que é um fato que o uso do lúdico tem potencial para transformar o modo como a criança encara os estudos. O uso de uma ferramenta lúdica na infância pode acelerar o aprendizado futuro de um tema mais complexo. A associação mental que a criança faz de um assunto com as suas experiências vividas muda a forma como a criança irá encarar o novo desafio.

O ensino de lógica no Brasil, por exemplo, é feito de forma bastante discreta. O uso da lógica é estimulado, principalmente, através de jogos e atividades matemáticas baseadas em puro raciocínio, além de seu uso indireto em outras áreas. Dessa forma, a sua presença no currículo obrigatório pode trazer dificuldades no aprendizado.

Na versão atual da Base Nacional Comum Curricular - BNCC, aprovada na resolução CNE/CP N^{o} 2, de 22 de dezembro de 2017, na parte onde define as competências específicas de matemática para o ensino fundamental, descreve no seu item 2: "Desenvolver o raciocínio lógico, o espírito de investigação e a capacidade de produzir argumentos convincentes, recorrendo aos conhecimentos matemáticos para compreender e atuar no mundo."(BRASIL, 2016, p.267)

Percebe-se então a importância dada ao raciocínio lógico como base para o conhecimento geral. Porém, assuntos como quantificadores, conectivos, implicações, negações, equivalências, proposições, provas por indução e por contradição, entre outros, não são trazidos para a sala de aula. Estes tópicos são fundamentais para o que é conhecido como conhecimento científico.

O ensino dos conceitos de lógica expostos só vão ser tratados no ensino médio, no que diz a BNCC:

> [...]Subjacente a todas essas finalidades, o Ensino Médio deve garantir aos estudantes a compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática. Para tanto, a escola que acolhe as juventudes, por meio da articulação entre diferentes áreas do conhecimento, deve possibilitar aos estudantes:
>
> • compreender e utilizar os conceitos e teorias que compõem a base do conhecimento científico-tecnológico, bem como os procedimentos metodológicos e suas lógicas; (BRASIL, 2016, p.467).

E mais adiante, onde se refere aos itinerários formativos, que são as estruturas de formações educacionais voltadas para uma área específica de conhecimento, diz:

> II – matemática e suas tecnologias: aprofundamento de conhecimentos estruturantes para aplicação de diferentes conceitos matemáticos em contextos sociais e de trabalho, estruturando arranjos curriculares que permitam estudos em resolução de problemas e análises complexas, funcionais e não-lineares, análise de

> dados estatísticos e probabilidade, geometria e topologia, robótica, automação, inteligência artificial, programação, jogos digitais, sistemas dinâmicos, dentre outros, considerando o contexto local e as possibilidades de oferta pelos sistemas de ensino; (BRASIL, 2016, p.477).

Tem-se então que apesar do ensino dos conceitos lógicos estarem garantidos na formação geral do ensino médio (e ainda assim de forma indireta), como suporte para o conhecimento científico, suas aplicações na área de tecnologia só serão explicitadas aos alunos que optarem pela área de matemática e suas tecnologias.

Na filosofia, a dialética, no direito, a argumentação, na ciência, a prova, na língua, o sentido... Esses são alguns usos da lógica ou do raciocínio lógico em áreas distintas do conhecimento humano. Qualquer área de estudo requer o uso da lógica para poder constatar a verdade. Nas palavras de Irving Copi: "o estudo da lógica é o estudo dos métodos e princípios usados para distinguir o raciocínio correto do incorreto"(COPI, 1981, p.19).

A lógica está presente na vida de todas as pessoas. Isso acontece de cedo. Do momento em que um bebê começa a prestar atenção nos pais e tenta entender o que eles querem, ou o que eles estão dizendo ou fazendo, a lógica esta presente. Quando uma criança entende que quando está com fome e chora ela vai ganhar comida, foi a lógica que uniu as informações. A pura relação de causa e efeito é proveniente da lógica.

A lógica está relacionada às lei do pensamento (GERANEGOCIO, 2013). É por sua causa que os seres humanos se classificam como animais racionais. Entende-se então que a lógica faz parte da formação humana. Se o raciocínio lógico é tão importante desde o início da existência do ser humano, então justifica-se o seu aprendizado desde os anos iniciais da educação.

Neste trabalho propõe-se uma metodologia lúdica, de como inserir a lógica proposicional ao longo do ensino infantil e fundamental, para preparar os alunos aos novos conceitos que serão trazidos no ensino médio. Pretende-se através de mecanismo lúdico e de níveis de dificuldade, causar um amadurecimento ao longo do seu crescimento, tornando o aprendizado mais natural. Desta forma, eles estarão mais preparados e terão mais prazer e proveito das lições que serão ensinadas.

O Circuitzles trata-se de um jogo de quebra cabeças em níveis. Em cada nível a criança terá que recolocar as portas lógicas (peças) de um circuito lógico de forma que ele funcione da maneira desejada. Os níveis serão traçados através das variações e quantidade de peças disponíveis para que complete a figura.

Neste primeiro capítulo foi mostrada uma introdução do que será realizado, além disso, foi explicado qual o interesse da dissertação e a motivação que justifica esse interesse. No capítulo dois será feito um embasamento teórico sobre os principais temas envolvidos neste trabalho, para que o leitor tenha um maior conhecimento prévio sobre o que será explicado nos capítulos posteriores. O terceiro capítulo irá apresentar o conteúdo, as regras e as formas de se aplicar o jogo em sala, além de uma proposta metodológica de como aplicá-lo ano a ano. No quarto e o último capítulo, será feita a conclusão.

2 Fundamentação Teórica

Neste capítulo será exposto as bases teóricas que justificam e motivam o uso de jogos na educação. Será apresentado alguns benefícios do aprendizado de lógica e porque aprendê-la na infância. Em seguida explica-se os conceitos de lógica proposicional e circuitos lógicos que serão aplicados no jogo e que pretende-se introduzir na educação das crianças.

2.1 Jogos e brincadeiras na educação

Uma criança saudável é aquela que brinca. Os jogos e as brincadeiras estimulam alguns aspectos que a leitura e o estudo não conseguem alcançar. Alguns jogos possuem limite de tempo, as vezes longos, as vezes curtos, para realizar uma tarefa. Dessa forma o jogador é treinado a ter pensamentos ou a reagir mais rápido. Enquanto isso, outros jogos são mais estratégicos e/ou mais difíceis, e mostram à criança que ela não pode fazer as coisas de qualquer jeito, que elas devem pensar e planejar antes de fazer. Essas duas coisas, o raciocínio rápido e o planejamento, são características essenciais na vida humana. Seja ela na vida profissional ou no dia dia, os seres humanos estão cada vez mais atarefados, com mais pressa, e precisam ter pensamentos ágeis para tomar decisões ou planejar suas atividades. Os jogos e as brincadeiras, quando bem trabalhados, exercitam bem essas características.

> Brincar é a atividade mais pura, mais espiritual do homem neste estágio, e, ao mesmo tempo, típico da vida humana como um todo – a vida natural interna escondida no homem e em todas as coisas. Ele dá, assim, alegria, liberdade, contentamento interno e descanso externo, paz com o mundo. Ele assegura as fontes de tudo que é bom. Uma criança que brinca por toda parte, com determinação auto-ativa, perseverando até esquecer a fadiga física, poderá seguramente ser um homem determinado, capaz de auto-sacrifício para a promoção deste bem-estar de si e de outros. (FROEBEL, apud LEMES; LOPES; NINA, 2016, p.4)

Tem-se então, visto a cima, outros princípios trazidos pela brincadeira: a determinação e senso do coletivo. Muitas vezes a criança não quer fazer algo, mas esquece de seu egoísmo pelo bem do coletivo. Brinca pela vontade de participar, de estar em conjunto. Ou, às vezes, porque sem ela a brincadeira não funcionaria (pode ser por quantidade mínima de pessoas, ou paridade na brincadeira) e tem pena ou receio de magoar os colegas. Esses são sentimentos que fortalecem os laços, que criam o trabalho em equipe. Machado (2011) diz que o jogo integra várias dimensões da personalidade e que contribui para a formação de atitudes sociais como o respeito mútuo, a cooperação e a obediência as regras. A determinação e a perseverança são fundamentais também. Uma criança que não tem perseverança, acaba se tornando um adulto frustrado, que abandona sua própria vontade nos primeiros desafios que surgem.

O lúdico também propicia o conhecimento. A criança que está motivada, empolgada com o assunto a ser estudado tem muito mais chances de assimilá-lo do que se não estivesse. A ideia de lúdico vem do sentido de divertimento. Aprender não precisa ser um processo sofrido. No mínimo, não o tempo todo. Ter um momento de aprender com diversão, seja na passagem do conteúdo ou nos exercícios de fixação, trazem o interesse e a atenção do aluno à aula. Evita que ele fique disperso. Às vezes, por um motivo ou outro, uma parte do conteúdo pode ter ficado dúbio, e acaba fazendo com que o aluno perca o interesse. A brincadeira pode recuperar o seu foco na aula e fazê-lo se esforçar a entender, a questionar ou até mesmo exemplificar o que não estava entendido e até fazê-lo entender de um novo ponto de vista.

> Informações são recebidas a todo instante, muitas são assimiladas, porém logo esquecidas. Entretanto, aquelas informações que conseguem entrar em relação, integrando-se ao conhecimento já possuído, são incorporadas às estruturas de conhecimentos atuais. Convém ressaltar que não se trata de um processo de acumulação, mas de reestruturação, uma vez que, ao incorporar novos conhecimentos, tais estruturas modificam-se. (FORMIGONI et al., 2012, p.5)

No trecho acima, Formigoni diz que o conhecimento é um processo gradativo e renovado a cada novo aprendizado. No que diz respeito a isto, um aprendizado que foi introduzido na infância tem um valor especial, pois ele serve de base estrutural para o que vem pela frente. Assim, a proposta deste trabalho se enquadra neste aspecto. No próximo tópico serão apresentadas as vantagens de estudar lógica e, principalmente, de estudá-la na infância.

2.2 Lógica para educação

A criança que tem conhecimento do que é a lógica, que conhece seus mecanismos e que sabe como usá-la, está mais propensa a entender e aceitar a razão por trás das regras e das ordens que recebe. Terá também um amadurecimento maior na conversação, pois entenderá o que é e como organizar seus argumentos. Além disso, o aprendizado dos conhecimentos de lógica de primeira e segunda ordem são umas das grandes ferramentas utilizadas nas provas de teoremas matemáticos. Através delas é possível transformar sentenças abertas em proposições (proposições serão vistas no próximo tópico - Circuitos lógicos e lógica proposicional).

Uma das grandes influências da lógica é na área computacional. Atualmente a área de tecnologia computacional tem se infiltrado cada vez mais em outros ramos. Isso porque o pensamento computacional está ligado a resolução de problemas complexos e cotidianos como diz em:

> O projeto ora descrito parte da necessidade da formação de um novo tipo de estudante, capaz de resolver problemas complexos cotidianos, sendo o Pensamento Computacional, de acordo com Rodrigues et al. (2015) capaz de auxiliar no desenvolvimento desta habilidade. Segundo Blikstein (2008), esta competência tem relação direta com a capacidade cognitiva de refinar o pensamento lógico e abstrato; resume-se na habilidade de resolver problemas do

> cotidiano a partir do conhecimento das teorias da Computação, como, melhor escolha, escalonamento de dados, alocação de memória, armazenamento e teoria da Lógica. (HINTERHOLZ; SANTOS, 2017, 1155)

Apesar dessa forte ligação da lógica com a área computacional, alguns autores, como Nunes (2011) e Capelin et al. (2016), defendem a ideia da lógica multidisciplinar, onde o aprendizado de lógica é fundamental não apenas para a formalização matemática, mas sim como uma ferramenta para encontrar soluções em todas as áreas.

> O processo cognitivo utilizado pelos seres humanos para encontrar algoritmos para resolver problemas é chamado de pensamento computacional[2] ou algorítmico. Este processo, que é a base da Ciência da Computação, pode, assim, ser aplicado a outras ciências como matemática, física, química, filosofia, economia, sociologia etc., capacitando-as a sistematizar ou organizar a solução de problemas. Advogados, por exemplo, podem ler textos e, usando o pensamento computacional, extrair deles fatos e regras, permitindo tirar conclusões lógicas que balizem um parecer irrefutável. Todos os tipos de procedimentos, como por exemplo organizar uma eleição, podem ser também colocados na forma algorítmica. (NUNES, 2011)

Aprender lógica desde os primeiros anos de escola é um ganho na formação de qualquer estudante. Como já foi defendido no tópico anterior, o aprendizado de certos conteúdos tem um valor especial quando são inseridos na infância. Isso porque estes conhecimentos formam uma base facilitadora para os próximos. Por exemplo, como seria tentar aprender cálculo de volumes sem saber as formas geométricas? Seria como tentar equilibrar uma folha de papel sobre a ponta de quatro palitos. Apesar de não ser totalmente impossível, seria no mínimo uma estrutura frágil.

> Outro fator que se supõe interferir no rendimento do aluno é a forma como o professor repassa os conhecimentos não levando em conta as especificidades de cada indivíduo e sua realidade. Segundo Piaget, citado por Carraher (1991) "o que leva a criança a estabelecer relações e a desenvolver seu conhecimento lógico-matemático são as ações que ela desempenha sobre os objetos". Ações estas que devem ser estimuladas de maneira correta e no momento correto, levando em conta, o tempo de cada criança, para que esse desenvolvimento se dê de forma concreta. (CAPELIN et al., 2016, p.38)

Apesar da afirmação de Capelin et al. (2016) sobre a maneira e o momento estar correta, deve-se levar em consideração que maneira pode mudar o momento. Vale lembrar que a ludicidade é uma ferramenta facilitadora para introdução de conteúdos. Então, usando a maneira correta, pode-se modificar o momento em que um conteúdo deve ser trabalhado, desde que exista um objetivo maior.

> As dificuldades podem surgir ao interpretar um texto, ou até mesmo no momento de se expressar de forma lógica. Muitas pessoas possuem dificuldades em expressar suas idéias de forma lógica e organizada. Desta forma, mesmo tendo grandes idéias, se não conseguirem validar de forma clara suas convicções não conseguirão sustentar as mesmas. Da mesma forma que na leitura ou escrita, o raciocínio lógico na resolução de problemas matemáticos é um fator de

> extrema importância. É fundamental que os alunos compreendam e raciocinem sobre o que está sendo proposto e não somente decorem e apliquem fórmulas. Diante de todas estas dificuldades é necessário que o raciocínio lógico seja desenvolvido desde as primeiras etapas, sendo que a Informática, através de jogos educacionais, pode contribuir de forma motivadora para isto. (SCOLARI; BERNARDI; CORDENONSI, 2007, p.3)

Como dito por Scolari, Bernardi e Cordenonsi (2007) o não aprendizado de lógica vai causando problemas ao longo da educação. Cada vez que um conteúdo novo é ensinado e a criança não é capaz de raciocinar corretamente sobre o que está sendo mostrado, ela vai carregar essa deficiência para o próximo conteúdo. Esta deficiência se tornará motivo de dúvida no próximo conteúdo, onde muitas vezes o professor já considera como assunto dado. Desta forma, como foi dito acima, "é necessário que o raciocínio lógico seja desenvolvido desde as primeiras etapas"(SCOLARI; BERNARDI; CORDENONSI, 2007).

2.3 Circuitos lógicos e lógica proposicional

Em Educação e Cunha (2008) é dito que o estudo da lógica surgiu no século IV a.C. e teve início com Aristóteles (384 – 322 a.C.). Desde então muitos nomes como Zenão de Elea (326 – 264 a.C.), George Boole (1815 – 1864) e Augustus de Morgan (1806 – 1871) surgiram para lapidá-la, ampliá-la e melhorá-la. De fato, Aristóteles não teria como prever todas as aplicações daquilo que estava iniciando.

Para o que diz respeito a este trabalho, neste tópico será discutido a base necessária para entender lógica proposicional e circuitos lógicos. O assunto de circuitos lógicos foi escolhido por facilitar a visualização e ter uma aparência similar a um mecanismo com engrenagens, onde as peças têm que ser colocadas nos lugares corretos. Portanto, ele já tem uma aparência lúdica natural. A lógica proposicional, por sua vez, surge como consequência da primeira escolha.

2.3.1 Lógica proposicional

Para entender o que é lógica proposicional é necessário, inicialmente, definir o que é uma proposição. Uma proposição (ou proposição lógica) é definida como: "[...] toda sentença (conjunto de palavras ou símbolos) declarativa, afirmativa que expresse um pensamento de sentido completo cujo conteúdo (asserção) pode ser tomado como verdadeiro ou falso."(EDUCAÇÃO; CUNHA, 2008, p.16). Assim, uma proposição P é uma informação a qual pode-se atribuir um valor lógico V, caso P seja verdadeira ou F caso P seja falsa. As proposições são comumente representadas por letras do alfabeto romano, sendo que alguns as utilizam no formato maiúsculo e outros em minúsculo. Para padronizar o texto, neste trabalho elas serão representadas por letras maiúsculas.

As proposições lógicas seguem três princípios fundamentais: princípio da identidade, princípio da não contradição e princípio do terceiro excluído. O primeiro, o principio da iden-

Figura 1 – Proposições e não proposições

SÃO PROPOSIÇÕES	NÃO SÃO PROPOSIÇÕES
Ontem choveu a noite toda.	Você vai sair?
Se você cair, vai se machucar.	Não!
Gosto de comer banana e granola.	Vá estudar.
x + 3y > 3.	Boa sorte.

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

tidade afirma que todo objeto (proposição) é idêntico a si mesmo. Assim é dito que $A = A$ é verdade e que $A \neq A$ é falso (ou uma contradição). O princípio da não contradição define que se uma proposição é falsa, ela não pode ser verdadeira e vice versa. Por fim, o princípio do terceiro excluído diz que para toda proposição P uma e apenas uma das duas afirmações a seguir é verdadeira: P é verdade; P é falso. Ou seja, como diz o nome do princípio, não existe terceira opção. A partir destes três princípios a argumentação lógica pôde ser construída.

As proposições podem se relacionar entre si e formar novas proposições mais complexas. As proposições que não possuem outras proposições como parte de si, são chamadas de proposições simples. Por sua vez, as proposições que são formadas a partir de outras proposições (simples ou não) são chamadas de proposições compostas. Para formar as proposições compostas, além de outras proposições é necessário o uso de conectivos. O estudo das proposições e das regras que as relacionam é chamado de lógica proposicional.

Assim como na fala utilizamos os conectivos para relacionar as frases de vários modos, na lógica os conectivos têm a mesma função, relacionar de diferentes modos as proposições. Assim, uma proposição composta pode ser entendida como as relações entre duas ou mais proposições (simples ou compostas), onde a natureza dessas relações são definidas pelos conectivos. Os conectivos mais usados são: "conjunção", "disjunção inclusiva", "disjunção exclusiva", "negação", "condicional"e "bicondicional".

O primeiro conectivo é o da negação e é representado pela palavra "não"da linguagem natural. Em equações lógicas precede-se a proposição com o símbolo $\neg$ para indicar que a proposição está sendo negada. A negação é o único conectivo que atua exclusivamente sobre uma única proposição lógica (simples ou composta), sendo os demais necessário haver pelo menos duas proposições. Ao "negar"uma proposição, partindo do princípio da não contradição juntamente com o do terceiro excluído, a proposição tem o seu valor lógico invertido. Assim, se a proposição era verdadeira, ela se torna falsa; e se fosse falsa, ela se torna verdadeira.

- P: Eu gosto de vegetais.
- $\neg P$: Eu não gosto de vegetais.

- $P = V$
- $\neg P = F$

A conjunção expressa a ideia de orações aditivas e é representado pelo termo "e". É também representado, em equações, pelo símbolo $\wedge$ entreposto a duas proposições. Proposições compostas pelo conectivo da conjunção têm valor lógico verdadeiro apenas quando as proposições relacionadas também são verdadeiras.

- P: Eu gosto de banana.
- Q: Eu gosto de queijo.
- $P \wedge Q$: Eu gosto de banana e queijo.

A disjunção possui duas modalidades. Em ambos os casos utiliza-se o termo "ou"para representá-lo. Na linguagem natural muitas vezes é dificil distinguir entre eles. O primeiro caso é chamado de disjunção inclusiva e representado pelo simbolo $\vee$ entreposto as proposições relacionadas. A proposição composta por este conectivo possui valor lógico verdadeiro sempre que pelo menos uma das proposições relacionadas tiver valor verdadeiro. Já a disjunção exclusiva, representada por $\veebar$, relaciona as proposições de forma que seu resultado lógico é verdadeiro quando uma e apenas uma delas possui valor verdadeiro.

- P: Ivan está na escola.
- Q: Ivan está jogando bola.
- $P \vee Q$: Ivan está na escola ou jogando bola.
- $P \veebar Q$: Ivan ou está na escola ou está jogando bola.

Os conectivos de condicional e bicondicional não serão explicados, pois eles não possuem representação nos circuitos digitais e portanto não terão utilidade neste escopo. Entretanto, não se tira a importancia destes conectivos, assim recomenda-se que estes também sejam passados aos alunos em tempo oportuno.

Uma forma de analisar os valores lógicos de proposições de acordo com os valores das proposições simples que as compõem, é através da construção da tabela-verdade. A tabela-verdade é composta por n linhas (sem considerar o cabeçalho) e m colunas, onde $n = 2^k + 1$ e $m = k + l$, sendo k o número de proposições simples e l o número de proposições a serem analisadas. Na figura abaixo pode ser visto a tabela-verdade de proposições formadas pelos conectivos apresentados anteriormente.

Figura 2 – Tabela verdade dos conectivos

P	Q	P ^ Q	P v Q	P ⊻ Q	¬P
V	V	V	V	F	F
V	F	F	V	V	F
F	V	F	V	V	V
F	F	F	F	F	V

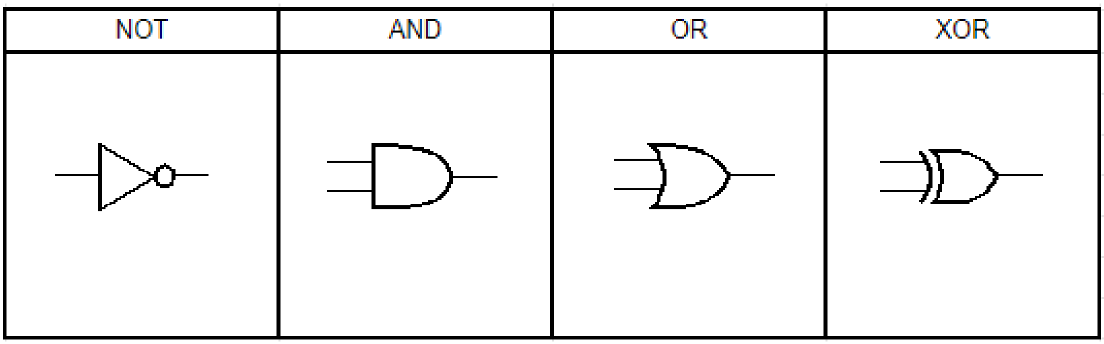
Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

2.3.2 Circuitos lógicos

Circuitos lógicos, ou circuitos digitais, é uma aplicação direta de lógica proposicional na área de tecnologia da informação. Através desses circuitos é que são construídos computadores, microchips, celulares, entre outros. Os circuitos mais simples são formados por combinações de dispositivos que executam a lógica proposicional sobre um conectivo específico. Esses dispositivos são chamados de portas lógicas.

Cada porta lógica representa um único conectivo lógico, cada um com uma representação própria. Por padronização, as portas lógicas possuem nomes na língua inglesa. Na figura a baixo, da esquerda para a direita estão as porta lógicas que representam respectivamente a negação (porta NOT), a conjunção (porta AND), a disjunção inclusiva (porta OR) e a disjunção exclusiva (porta XOR).

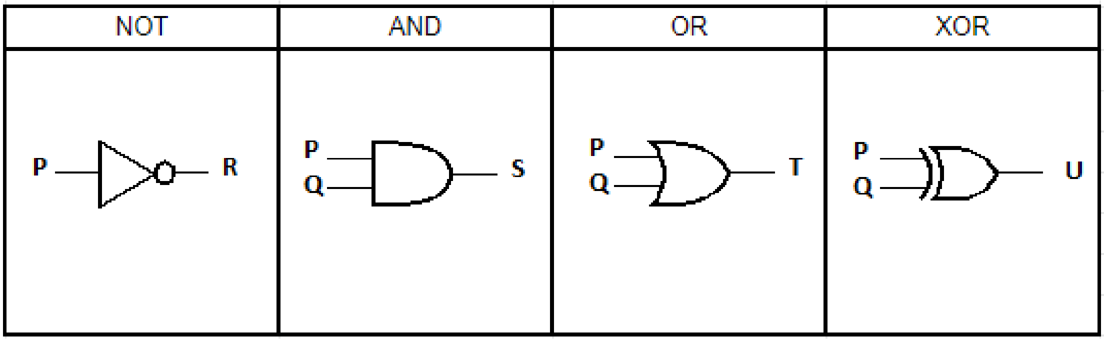
Figura 3 – Portas lógicas



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Pode-se perceber, na figura 3, que cada porta lógica possui um conjunto de linhas à esquerda e uma única linha à direita. As linhas a esquerda, chamadas de entradas, representam as proposições que se relacionam por meio do conectivo. A linha à direita, chamada de saída, representa o resultado lógico da proposição composta. Assim, as proposições compostas R, S, T e U definidas por $R = \neg P$, $S = P \wedge Q$, $T = P \vee Q$, $U = P \veebar Q$ com P e Q sendo duas proposições simples, podem ser representadas como mostra na figura 4.

Figura 4 – Portas lógicas com proposições associadas



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Em lógica proposicional os conectivos $\wedge$ e $\vee$ relacionam as proposições de duas em duas. Mas, como estes conectivos possuem a propriedade associativa (separadamente entre si), em circuitos lógicos é comum usar um único conectivo para associar mais que duas proposições de uma só vez. Além disso, as portas lógicas podem ser combinadas (saída de uma se torna a entrada da outra) para assim formar circuitos mais complexos. Por exemplo, em linguagem natural, pode ser dito a seguinte sentença K: ou eu aprendo lógica ou isso não serviu de nada, eu morro de vergonha e vocês riem de mim. Essa sentença pode ser dividida em sentenças menores (proposições simples):

P: eu aprendo lógica

Q: isso serviu

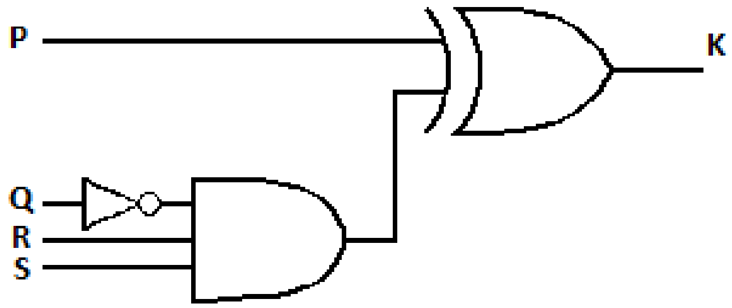
R: eu morro de vergonha

S: vocês riem de mim

Em lógica proposicional tem-se que $K = P \veebar (\neg Q \wedge R \wedge S)$. Em circuitos lógicos a representação ficaria como segue na figura 5.

Percebe-se então, na figura acima, que as saídas das portas NOT e AND foram usadas como entrada para as portas AND e XOR respectivamente.

Figura 5 – Circuito composto por proposições compostas



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

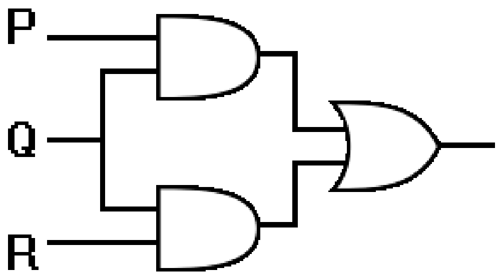
As linhas de entradas e saídas, podem muitas vezes sofrer bifurcações no caminho. Isso significa que o valor lógico da proposição a esquerda (simples ou composta) será usado em dois locais diferentes. Em linguagem natural, pode ser dito por exemplo: vou comer banana e maçã ou maçã e pêra. Segue-se a composição em sentenças simples e em circuitos (figura 6):

P: vou comer banana

Q: vou comer maçã

R: vou comer pêra

Figura 6 – Exemplo de bifurcação de trilha



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Na figura 6 pode-se ver que a proposição Q se divide, indo para cima, se juntando com P, e para baixo, se juntando com R. Então, independente de qual seja o valor lógico da proposição Q, será o mesmo valor para ambos os conectivos AND.

3 Circuitzles

Neste capítulo será mostrado como circuitos lógicos podem ser usados de forma lúdica para exercitar o aprendizado de lógica nos anos iniciais. Será apresentado o conteúdo do jogo, as regras principais e algumas formas de aplicá-lo.

3.1 Conteúdo do Jogo

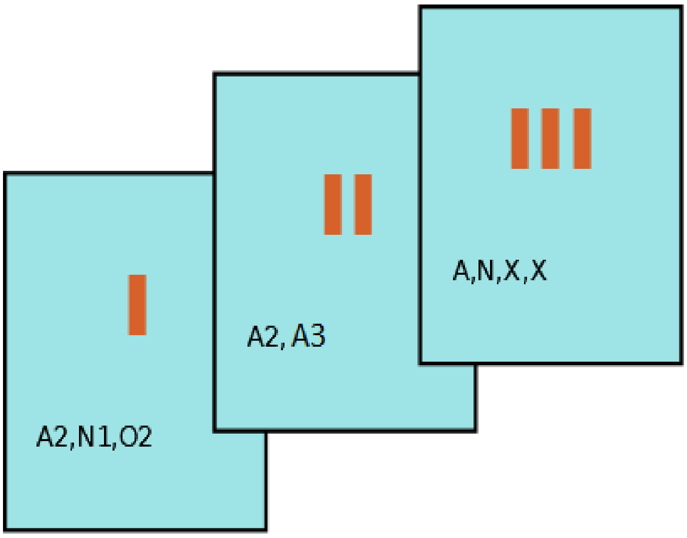
O Circuitzles é um jogo de quebra cabeças onde existe um esquema pré selecionado para cada partida. Esses esquemas podem ser distribuídos por meios digitais e são de fácil confecção e aplicação em sala de aula. O obejtivo deste esquema é evitar erros (por parte dos professores) que podem causar confusão na aprendizagem dos alunos. Desta forma, eles não são estritamente necessários. Desde que tenha domínio do assunto, o professor pode criar novos esquemas ou improvisar sempre que precisar ou achar necessário.

O jogo é composto por esquemas, modelos e peças. A figura 7 apresenta alguns exemplos de esquemas. Pode-se ver que cada esquema relaciona um único modelo (número em romano centralizado na "carta") e uma quantidade variável de peças (sequencia de códigos na parte inferior). O modelo representa um circuito lógico, onde as portas lógicas (NOT, AND, OR e XOR) foram retiradas. Para o jogo proposto, o modelo é o quebra cabeças a ser montado. No esquema, haverá também uma lista de peças representadas por seus códigos. O código das peças é composto por uma letra, que representa a porta lógica, e um número, que representa a variação da peça (quantidade de informação, ver mais adiante em Encaixando as peças). Essa lista de peças representa as peças necessárias para completar o quebra cabeça, podendo haver repetição de peças (como visto no esquema mais a direita da figura 7).

Cada peça contém a figura de uma única porta lógica. Algumas peças, de códigos diferente, possuem a mesma porta lógica, porém contêm algumas variações (exemplo A2 e A na figura 8) para se enquadrar na faixa etária do aluno ou no nível de aprofundamento do aprendizado.

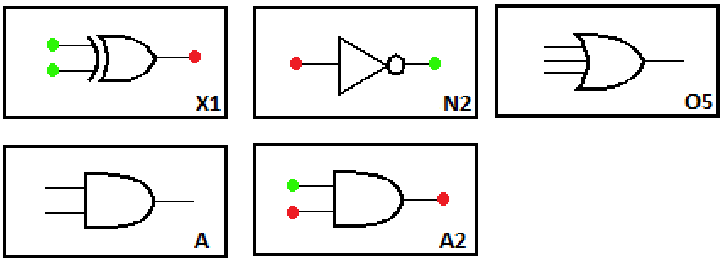
O esquema contem exatamente o número de peças necessárias para o preenchimento do modelo, porém, pode-se adicionar peças diferentes às que consta no esquema para que o aluno precise usar seu conhecimento para validar os possíveis encaixes. A quantidade de peças a adicionar deve ser escolhida pelo professor de forma que o jogo não fique nem tão previsível nem tão complexo. Essa escolha depende do nível de conhecimento de seu aluno. Pode-se iniciar o procedimento de aprendizagem adicionando poucas (ou nenhuma) peças e ir aumentando a quantidade a medida que o aluno vai se familiarizando com o assunto.

Figura 7 – Exemplos de esquemas



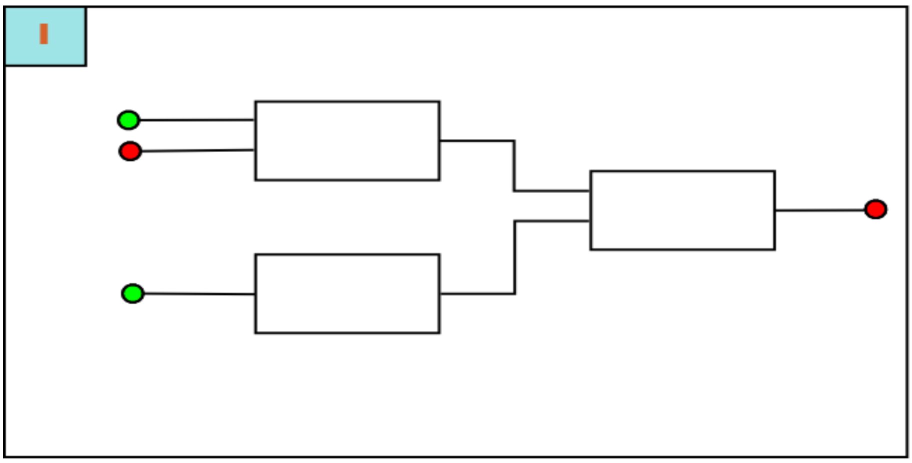
Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Figura 8 – Exemplos de peças



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Figura 9 – Exemplo de modelo



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

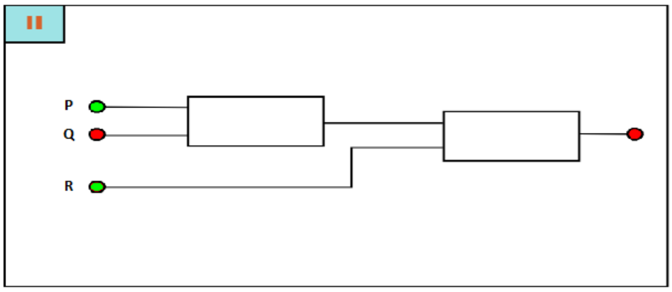
3.2 Regras

3.2.1 Objetivo

Assim como outros jogos de quebra cabeça, o jogo proposto termina quando a figura final está completa, ou seja, os espaços em branco foram todos preenchidos. Cada partida consiste em preencher um modelo de acordo com seu respectivo esquema. Perceba que o mesmo modelo pode estar em mais de um esquema. Nestes casos, os esquemas possuem listas diferentes de peças a serem usadas. Isso acontece pelo fato de duas ou mais expressões lógicas poderem ter o mesmo resultado para um determinado conjunto de entrada (Figura 10).

Figura 10 – Exemplo de semelhança de resultados

P	Q	R	(P^Q)^R	(PvQ)⊻R
V	V	V	V	F
V	V	F	F	V
V	F	V	F	F
V	F	F	F	V
F	V	V	F	F
F	V	F	F	V
F	F	V	F	V
F	F	F	F	F



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Então, para o modelo acima, tanto faz usar o esquema que contém a expressão $(P \wedge Q) \wedge R$ ou $(P \wedge Q) \vee R$, já que ambos são soluções possíveis para o modelo.

3.2.2 Modos de Jogar

O jogo pode se desenvolver de várias formas, a depender da turma e do professor que estará aplicando-o. Aqui explanaremos duas possíveis opções.

3.2.2.1 Individual livre

Este é o modo mais simples e prático. O professor deve selecionar um dos esquemas para ser utilizado. Ao escolher o esquema, o professor deve pegar as peças indicadas nele e decidir quantas e quais peças adicionais ele utilizará. Então, basta exibir o modelo e todas as peças pré-selecionadas (as indicadas no esquema mais as selecionadas pelo professor) para o aluno e deixá-lo usar de seu conhecimento livremente para tentar solucionar o jogo.

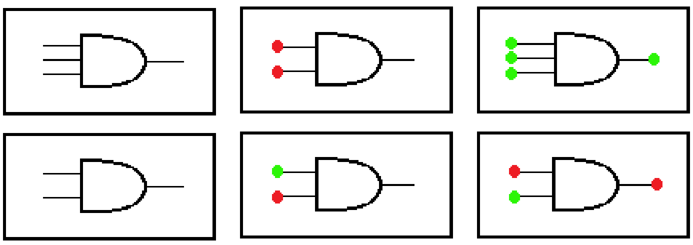
3.2.2.2 Coletivo Competitivo

Neste modo, utiliza-se do espírito competitivo dos alunos para gerar o aprendizado coletivo. Deve-se separar a turma em equipes com quantidades de alunos semelhantes. O professor deve selecionar uma quantidade qualquer de esquemas (mínimo de 3) e apresentar os modelos um de cada vez a turma. Os modelos seguintes só devem ser apresentados após a conclusão do anterior. As equipes devem discutir entre si quais peças seriam mais adequadas para completar o modelo. A equipe que levantar a mão primeiro tem o direito de apresentar sua solução. Se a solução estiver correta a equipe ganha 1 ponto. Se a solução estiver errada as outras equipes ganham 1 ponto. Neste modo de jogo as peças não são apresentadas, portanto, como havia sido dito anteriormente, pode haver mais de uma forma de solução para um determinado modelo. Após acabar todos os esquemas escolhidos a equipe com maior pontuação será a vencedora.

3.2.3 Encaixando as peças

Para completar o objetivo do jogo, deve-se encaixar as peças nos espaços em branco do modelo. Todas as peças possuem as mesmas dimensões e formato. Isso significa que o que define se uma peça "encaixa"ou não num determinado espaço é exclusivamente dependente de sua imagem. Cada modelo possui o "esqueleto"de um circuito lógico (rever figuras 9 e 10), ou seja, ele possui o número de entradas (proposições lógicas), o valor lógico de cada uma (podendo ser verdadeiro ou falso, representados respectivamente pelas cores verde e vermelho), o valor de saída (possuindo a mesma representação dos valores de entrada) e a quantidade de portas lógicas de um circuito. Já as peças a serem encaixadas podem variar quanto a quantidade de informações contidas nelas dependendo do grau de dificuldade a ser aplicado. Por exemplo, na figura 11, a baixo, vemos seis peças semelhantes. Note que apesar das peças apresentarem a mesma porta lógica, as peças da esquerda não possuem coloração nem de entrada nem de saída, as do meio possuem apenas coloração de entrada e as peças da direita possuem ambas. Além disso, vê-se também que existem divergências quanto ao número de proposições de entrada.

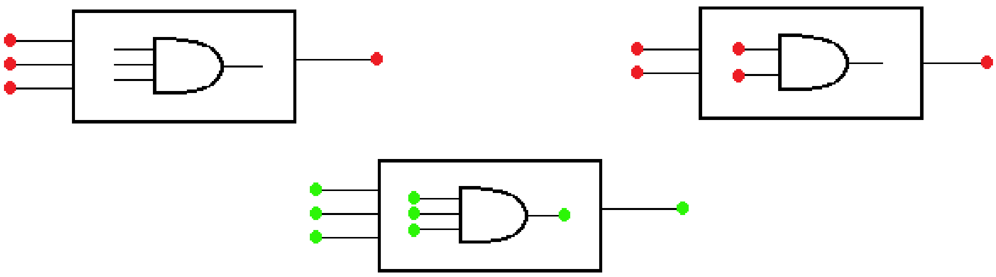
Figura 11 – Variação de peças com mesma porta lógica



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Os níveis de dificuldade serão tratados na próxima secção, o que cabe agora é deixar claro que uma peça "encaixa"em um espaço em branco somente se eles possuírem o mesmo número de entradas e se os seus valores de entrada e/ou de saída coincidirem com os valores do modelo ou das peças anteriores e seguintes. Nas figuras 12 e 13 é mostrado as formas corretas e incorretas de realizar os encaixes das peças.

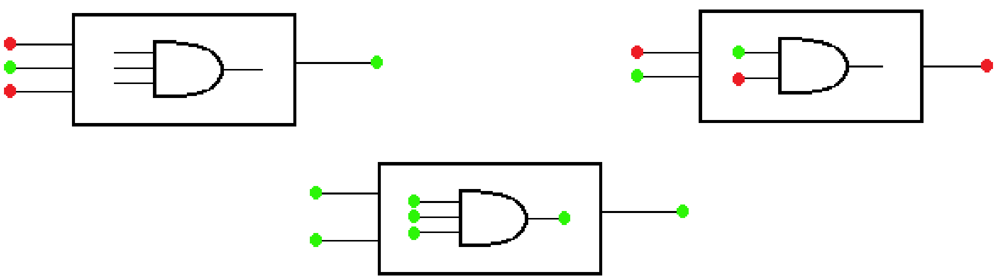
Figura 12 – Peças encaixadas corretamente



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Na figura 13, observa-se na peça superior esquerda que o resultado apresentado (a cor verde na saída indicando verdade) não coincide com o resultado lógico proposto pela porta lógica (porta AND possui resultado falso para as entradas apresentadas). Já a figura superior direita, apesar da porta AND fornecer o resultado esperado, as proposições possuem valores contraditórios, sendo no modelo um valor e na peça outro. Por fim, outro tipo de erro que pode ser ocorrido, é utilizar uma peça (figura centralizada na parte inferior) que possui uma quantidade divergente de entradas com as propostas pelo modelo.

Figura 13 – Peças mal encaixadas



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

3.2.4 Níveis

A aplicação de níveis de dificuldade é uma forma de medir o aprendizado, bem como de melhorar sua qualidade. Essa medição é vantajosa para o educando. Ao ver que conseguiu ultrapassar uma antiga dificuldade e que está pronto para um problema mais complexo, o aluno cria confiança em si e tem vontade de se desafiar. A aprendizagem é um processo evolutivo. Ao se adquirir um novo conhecimento este se torna base para um novo questionamento. De certa forma, é como se este novo questionamento fosse de um nível de dificuldade a mais que o questionamento que gerou o conhecimento inicial. Nos jogos não é diferente. Ao subir a dificuldade das tarefas, o jogador é forçado a tratar o conhecimento anterior não mais como objetivo e sim como ferramenta para descobrir o próximo. O uso na prática é a prova definitiva que ele assimilou o conteúdo.

No Circuitzles pode-se subir o nível de dificuldade de quatro formas distintas e independentes. Cada tipo de dificuldade possui três níveis (fácil, médio e difícil). Então, de certa forma, pode-se trabalhar com oitenta e um níveis de dificuldade. Toda essa quantidade de níveis torna o Circuitzles um jogo versátil e aplicável para um extensa faixa etária.

A evolução dos níveis de dificuldade em jogos geralmente seguem a um padrão. Ao apresentar um novo obstáculo tende-se a facilitar a dificuldade para que o jogador assimile o novo desafio. No Circuitzles, recomenda-se este tipo de estratégia. Ao subir o nível em um dos quatro tipos de dificuldade, reduzir o nível em outro (ou em todos os outros), ir subir gradativamente até o ponto em que estava. Assim, o aluno terá uma experiência completa daquele novo obstáculo, tendo tempo de tirar as dúvidas e aproveitar (vale lembrar que o objetivo é ensinar ludicamente) o novo conhecimento de forma que não irá frustrá-lo.

3.2.4.1 Níveis por Cor

Esta forma de dificuldade é aplicada na escolha do tipo de peças utilizadas (ver tópico Tipos de peça mais a frente). Ao se iniciar o aprendizado, mais exatamente quando se está ensinando o funcionamento de cada uma das portas lógicas, facilita a visualização do estudante se for utilizado peças que possuem as colorações (valores lógicos) de entrada e saída da porta lógica. Neste nível o aluno ainda estaria se acostumando com as figuras das portas lógicas, então, as peças com as cores já destacadas estaria ensinando ao aluno, através de memorização a medida que ele rejoga, qual o funcionamento de cada porta lógica. O professor não teria a necessidade imediata de ensinar o que é uma porta AND por exemplo. Ao ver e utilizar aquele símbolo com frequência, ele irá associar naturalmente que a saída só se torna verde (verdadeira) quando todas as entradas são verde (verdadeira). Após o professor identificar que seus alunos já dominam esse conhecimento de forma instintiva, só então ele deve formalizar o conhecimento e passar para o novo nível, onde ele instigará o aluno a usar o conhecimento para alcançar a solução. Os níveis por cor são:

Fácil: As peças possuem cores nas entradas e saída. Recomenda-se o uso deste nível apenas no início do aprendizado, ou seja, para crianças de 5 a 7 anos.

Médio: As peças possuem cores nas entradas. Recomenda-se o uso deste nível quando as crianças estiverem bem familiarizadas com as peças. Isso irá depender da frequência que elas tiverem contato com o jogo.

Difícil: As peças não possuem cores. Após entender completamente o conceito das portas lógicas. Este é o nível que perdurará por mais tempo.

3.2.4.2 Níveis por conhecimento

Neste tipo de nível leva-se em consideração quais portas lógicas serão usadas para preencher o modelo. Para crianças que ainda estão se familiarizando com as peças, não é adequado apresentá-la a tudo desde o início. Além disso, tiraria a diversão dela. Assim como em jogos eletrônicos, os tipos de obstáculos devem ser inseridos ao longo do jogo, para criar uma dinâmica de novidade versus costume. Os níveis por conhecimento são:

Fácil: Utiliza-se peças AND e OR apenas. Adequado para quando se está apresentando o jogo (crianças de 5 a 7 anos) ou subindo outro tipo de nível.

Médio: Inclui-se a negação (porta NOT).

Difícil: Inclui-se a porta XOR.

3.2.4.3 Níveis por quantidade

Aqui é levado em consideração o tamanho do circuito. Circuitos lógicos podem ser simples (as próprias portas lógicas são uns dos circuitos mais simples) ou complexos, cheios de componentes. Recomendado o uso do nível fácil e médio na grande maioria dos casos, pois circuitos muito grandes podem demorar a ser solucionados o que pode causar cansaço, tédio ou frustração se usado com frequência.

Fácil: Utiliza-se de 2 a 3 peças. Recomenda-se a utilização para apresentar novos obstáculos.

Médio: Utiliza-se de 3 a 5 peças.

Difícil: Mais de 5 peças. Utilizar apenas em desafios, como por exemplo, o ultimo modelo apresentado no modo coletivo competitivo.

3.2.4.4 Níveis por complexidade

Mesmo dentre os circuitos pequenos, existe uma variação de complexidade entre eles. Como foi explicado no capítulo 2 (ver figura 5), portas lógicas contém um conjunto de entrada de tamanho não fixo. Isto geralmente causa um aumento na complexidade do circuito. Além disso, existem outras formas de tornar o jogo mais interessante (ver nível difícil) e o professor pode criar suas próprias formas.

Fácil: AND e OR só possuem 2 entradas.

Médio: Aceita-se (não obrigatório a todas as peças) 3 entradas nas portas AND e OR. Não recomenda-se o uso de 4 ou mais entradas numa mesma porta lógica, exceto com objetivo de exemplificação.

Difícil: Ignora-se a coloração do modelo, e cria-se uma tabela verdade para uma saída S. O aluno deve pensar em um circuito que atenda a todas as variações de entradas possíveis.

3.3 Aplicação em sala de aula

O Circuitzles é de fácil confecção. Na verdade, pode ser utilizado até sem confecção nenhuma. O conteúdo do jogo desenvolvido e explicado neste trabalho serve apenas como referência. O professor que pretenda levar este jogo para sua turma pode facilmente confeccionar os esquemas, modelos e peças com cartolina e canetas coloridas, e se achar adequado, plastificar para aumentar a durabilidade. Depois basta distribuir os modelos e peças aos alunos (ou pedir que eles confeccionem os próprios). Vale lembrar que os esquemas contém um vislumbre da solução, então se o professor optou por adicionar peças deve-se manter escondido os esquemas. Outra opção, que não necessitaria de confecção, seria utilizar um projetor em quadro branco (ou até mesmo desenhar) para apresentar os modelos e utilizar pilotos coloridos (ou giz) para desenhar as peças no quadro, fazendo com que os alunos vão à frente para apresentar as soluções que eles encontraram.

Nos tempos atuais, um assunto muito discutido é o de inclusão social. Neste contexto, o Circuitzles ainda está em planejamento. Nenhuma pesquisa nesta área foi realizada para saber a melhor forma de como tornar o Circuitzles inclusivo para crianças daltônicas ou cegas, por exemplo. Apesar disso, já foram imaginados alguns mecanismos simples, como peças e modelos em alto relevo para que crianças cegas possam perceber as trilhas e as portas lógicas, além de ao invés de coloração utilizar braile nos valores lógicos. Para as crianças daltônicas, a dificuldade estaria apenas na coloração dos valores lógicos, os quais podem ser trocados pelos símbolos V e F, respectivamente significando verdadeiro ou falso; ou, com algum estudo mais aprofundado, a troca por tonalidades que não atrapalhem suas distinções.

3.4 Metodologia

Como já foi dito, sugere-se que o Circuitzles seja utilizado de forma progressiva ao longo dos anos, iniciando com crianças de 5 a 6 anos de idade. Aqui será apresentada a forma que pretende-se inicialmente que o jogo seja aplicado. Porém, espera-se que esta metodologia seja melhorada com futuras análises.

Foram produzidos alguns vídeos modelos de como se jogar o Circuitzles. Os vídeos foram feitos com crianças iniciantes, ou seja, sem nenhuma experiência com o jogo ou com o assunto tratado. Os vídeos se encontram acessíveis pelo link https://drive.google.com/drive/folders/1ZhOOSogkI1O-0N0mNp4SVc9TpFoDBMef?usp=sharing.

É importante deixar claro o papel do professor nesta atividade, o papel de mediador. O jogo por si só é apenas uma ferramenta. O professor é responsável por guiar os alunos pelo conhecimento que está sendo adquirido, seja manipulando a dificuldade, modificando o jogo ou usando outros meios como apoio. É necessário que o professor aprenda como trabalhar com o jogo ao invés de apenas aplicá-lo. Por exemplo, utilizar situações cotidianas, transformando-as em proposições e criar um modelo (ou encontrar dentro dos modelos propostos) que se encaixe na situação e analisar os resultados junto com as crianças. Vê-las entender que não se trata apenas de letras (V e F) ou cores (verde e vermelho) e sim de fatos, opiniões e hipóteses do que ocorre no dia dia delas.

> Daí a relevância do professor enquanto desafiador da criança. Para o professor, mediar é o diferencial para uma motivação maior por parte da criança, para que possa conhecê-la, compreender como pensa para interagir a favor da aprendizagem matemática, além de revelar suas concepções sobre a criança, aprender, ensinar e o que é fazer matemática. O professor pode adaptar o jogo matemático, criar novas intervenções e provocações, inclusive quando a criança joga, pois ao adaptar um jogo o professor tem seus objetivos e ao jogar podem ser modificados pela criança, pelo fato de lidar com o seu conhecimento e o raciocínio. Assim, a criança vai além da informação que lhe é dada e a transforma.(MACHADO, 2011, p.19)

Inicialmente a criança deve ser apresentada ao jogo, mostrando a ela as peças coloridas e os modelos mais simples existentes. Recomenda-se que nesta fase haja o material físico para que a criança interaja com as peças. Deve-se explicar que o objetivo do jogo é fazer com que as peças sejam encaixadas de forma que as cores coincidam umas com as outras, tanto nas entradas quanto nas saídas, e que as linhas levam as cores de um canto ao outro, como se fossem caminhos (não é o momento adequado para fazer nenhum tipo de explicação teórica). Após a explicação, seleciona-se um dos modelos que possa ser resolvido com todas as modalidades de dificuldade no nível fácil. Seleciona-se as peças necessárias para a solução (com as colorações de entrada e saída e com duas entradas apenas) e entrega-as à criança. Deve-se acompanhar de perto o andamento do jogo e ir incentivando e parabenizando os acertos para que a criança seja motivada. Esta fase deve perdurar enquanto a criança apresentar dificuldade no entendimento das regras de encaixe.

Na próxima etapa, deve-se escolher modelos que possuam mais peças (dificuldade por quantidade, nível médio). Isso trará o sentimento de desafio na criança, que verá que as coisas nem sempre são tão simples. Além disso, com o aumento do número de peças fica mais aparente para a criança as semelhanças e diferenças das peças (portas lógicas), onde ela começará a questionar os símbolos utilizados (diferenças entre as figuras de diferentes portas lógicas) e associar os símbolos às combinações de cores. Quando essas questões começarem a surgir (o professor pode provocar essa discussão) pode-se então fazer uma explicação simples das portas AND e OR e associá-las à linguagem natural.

Quando o aluno estiver apresentado formalmente aos conceitos básicos de AND e OR faz-se a troca de dificuldade: reduz-se a dificuldade por quantidade e aumenta a dificuldade por cor (as peças devem ter apenas as colorações de entrada). Isto fará que o aluno comece a pensar no que foi ensinado (e percebido naturalmente). Após algumas práticas com as peças de coloração apenas na entrada, recomenda-se a inserção da porta NOT juntamente com a explicação formal.

A partir deste momento a forma como as dificuldades serão incrementadas cabe à percepção do professor sobre o nível, interesses e curiosidades de seus alunos. Porém, ressalta-se que o objetivo do jogo é que os níveis sejam incrementados aos poucos e de forma suave, sempre balanceando os níveis de dificuldade quando se vai apresentar algo novo.

3.5 Contribuição

O Circuitzles é uma ferramenta lúdica que auxilia no ensino não só de lógica e circuitos. Ao trabalhar com cores a criança desenvolve a capacidade cognitiva de associação. Utilizando o Circuitzles desde a infância até a adolescência estimula-se a memória e cria-se um conhecimento afetivo. O próprio conhecimento de lógica proposicional é favorável ao aprendizado de segmentação de problemas e encapsulamento de informação, que são fundamentais no pensamento computacional.

Devido a sua fácil aplicabilidade e confecção, ele se torna altamente acessível mesmo em instituições públicas de ensino, as quais, no Brasil, tendem a não ter investimentos suficientes para compra de materiais pedagógicos de qualidade.

4 Conclusão

Este trabalho trouxe como objetivo propor a criação de um modelo lúdico capaz de ensinar lógica proposicional às crianças do ensino fundamental através da própria observação. Para isso foi desenvolvido um jogo e selecionado alguns controles de dificuldades, como a presença e ausência de coloração nas peças. Desta forma, a criança será capaz de aprender antes do professor ter que formalizar os conteúdos que estarão presentes no jogo.

Através de uma pesquisa teórica ficou comprovado os benefícios que a lógica é capaz de dispor às crianças. Por conta de sua aparência lúdica e de sua proximidade com a lógica proposicional, circuitos lógicos foi o meio encontrado para basear o conceito do jogo.

O uso do Circuitzles está alinhado com as aprendizagens indicadas pela BNCC (2016), tais quais: identificar, nomear adequadamente e comparar as propriedades dos objetos, estabelecendo relações entre eles; desenvolver o raciocínio lógico, o espírito de investigação e a capacidade de produzir argumentos; desenvolver a autoestima e a perseverança na busca de soluções.

O Circuitzles é uma proposta que foi desenvolvida de forma a ser aplicada em salas de aula o maior tempo possível, como uma atividade recreativa educacional. Infelizmente, devido às restrições vigentes de segurança causadas pela COVID-19, não estavam havendo aulas presenciais, fundamentais para a aplicação do jogo. Portanto esta proposta não pôde ser testada de forma adequada. Apesar disso, os estudos elaborados mostram que a proposta é viável e que pode alcançar todos os objetivos almejados.

Este trabalho propiciou ao seu autor uma elucidação maior das dificuldades de se inserir um novo conteúdo na educação. Apesar dos desafios, na visão deste autor, o aprendizado de lógica é fundamental e deve ser encorajado para que se crie uma sociedade com maior capacidade de diálogo e com pensamentos mais racionais.

4.1 Sugestões de Trabalhos Futuros

Como trabalhos futuros sugere-se a aplicação e análise dos resultados do uso do Circuitzles em duas turmas: uma iniciando no fim da educação infantil até o inicio do ensino fundamental II e a outra iniciando já no fundamental II. Os dados podem ser analisados de diversas maneiras, as quais cita-se aqui algumas: qual turma teve mais dificuldade inicial; qual teve uma evolução mais rápida; qual turma alcançou maior nível de destreza no conteúdo.

Além das análises de resultados, pretende-se também criar uma versão digital do jogo para dispositivos móveis, que trará uma maior visibilidade para o projeto além de ser um meio de aumentar a coleta de informações.

Por fim, propõe-se um estudo mais aprofundado e a aplicação dos conceitos de inclusão social para o desenvolvimento de um produto que seja capaz de atingir uma quantidade ainda maior de crianças. Sugere-se dentre outras opções o uso de relevo e o sistema braile para usuários cegos e o uso de formas geométricas ou alteração da escala de cor para daltônicos.

Referências

BRASIL, B. Base nacional curricular comum (proposta). *Ministério da Educação, Brasília*, 2016. 12, 13

CAPELIN, E. T. et al. *O ensino da lógica na educação básica: uma pesquisa com professores sobre os conhecimentos e a aplicação da lógica na rede estadual de ensino em um município do sudoeste do Paraná*. Dissertação (Mestrado) — Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2016. 17

COPI, I. M. *Introdução à lógica*. [S.l.]: Mestre Jou, 1981. 13

EDUCAÇÃO, C. e. T. d. C. Instituto Federal de; CUNHA, F. G. M. *Lógica e Conjuntos*. 2008. Disponível em: <http://educapes.capes.gov.br/handle/capes/429767>. Acesso em: 14 jun 2020. 18

FORMIGONI, M. C. R. et al. Importância do lúdico no desenvolvimento infantil com crianças de 0 a 5 anos, de acordo com os professores da Escola Municipal Menino Jesus, município de Alta Floresta - MT/2012. *Revista Eletrônica da Faculdade de Alta Floresta*, v. 1, n. 2, 2012. 16

GERANEGOCIO. *Lógica I*. [S.l.]: EnsinART, 2013. 13

HINTERHOLZ, L.; SANTOS, W. O. dos. Aprendizagem baseada em projetos: Relato de introduçao da lógica no ensino fundamental. In: *Anais do Workshop de Informática na Escola*. [S.l.: s.n.], 2017. v. 23, n. 1, p. 1154. 17

LEMES, R. K.; LOPES, A. d. S.; NINA, E. K. D. A importância do brincar para a criança: educação infantil e anos iniciais. *I SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO | III SEMINÁRIO NACIONAL DE EDUCAÇÃO SEMINÁRIO PIBID/FACCAT*, 2016. 15

MACHADO, A. I. O lúdico na aprendizagem da matemática. 2011. 15, 33

NUNES, D. J. Ciência da computação na educação básica. *Jornal da Ciência*, v. 9, n. 09, 2011. 17

SCOLARI, A. T.; BERNARDI, G.; CORDENONSI, A. Z. O desenvolvimento do raciocínio lógico através de objetos de aprendizagem. *RENOTE-Revista Novas Tecnologias na Educação*, v. 5, n. 2, 2007. 18

Apêndices

A Guia Prático

A.1 Conteúdo

O jogo base é composto por:

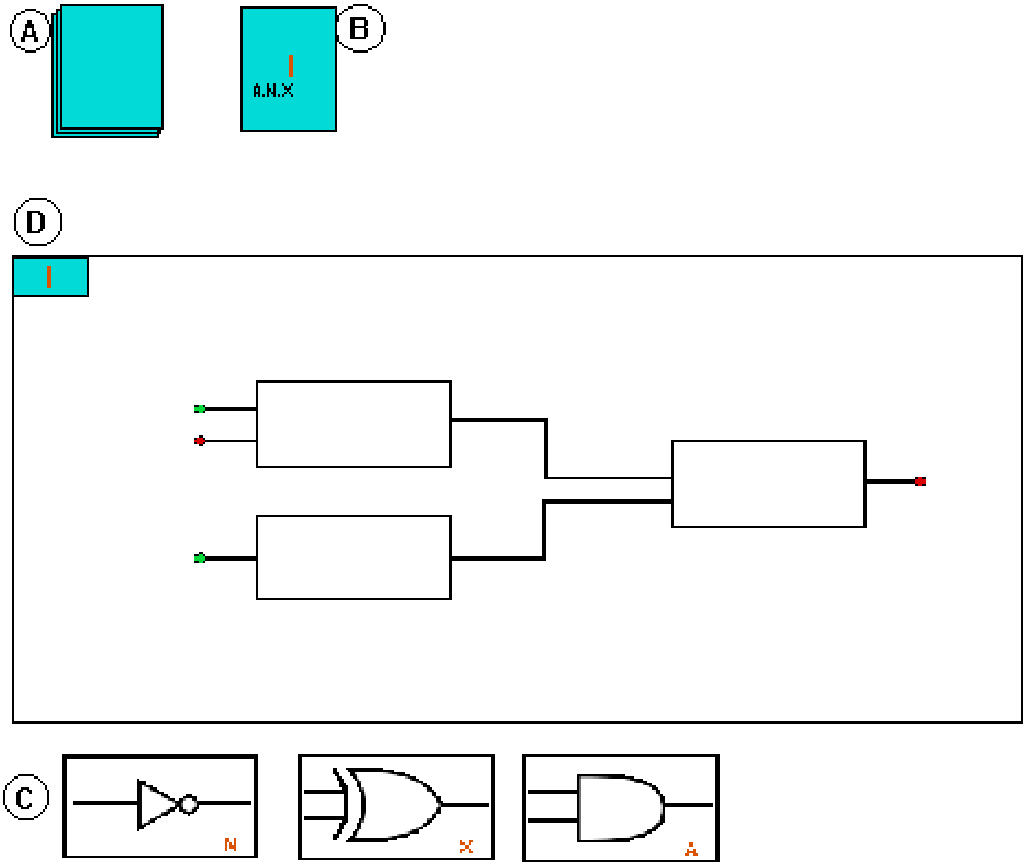
- 66 peças;
- 7 modelos;
- 24 esquemas.

A.2 Partida Rápida

Para iniciar uma partida de Circuitzles (ver figura a baixo), embaralhe as cartas de esquemas (A) ponha-as viradas para baixo e puxe a carta do topo (B) (o professor deverá ter anteriormente retirado os esquemas que não se enquadram no nível de seus alunos). Deve-se então buscar as peças (C) e o modelo (D) apresentados no esquema. O aluno deve então começar a encaixar as peças até que todos os espaços vazios estejam ocupados (ver secção 3.2.3).

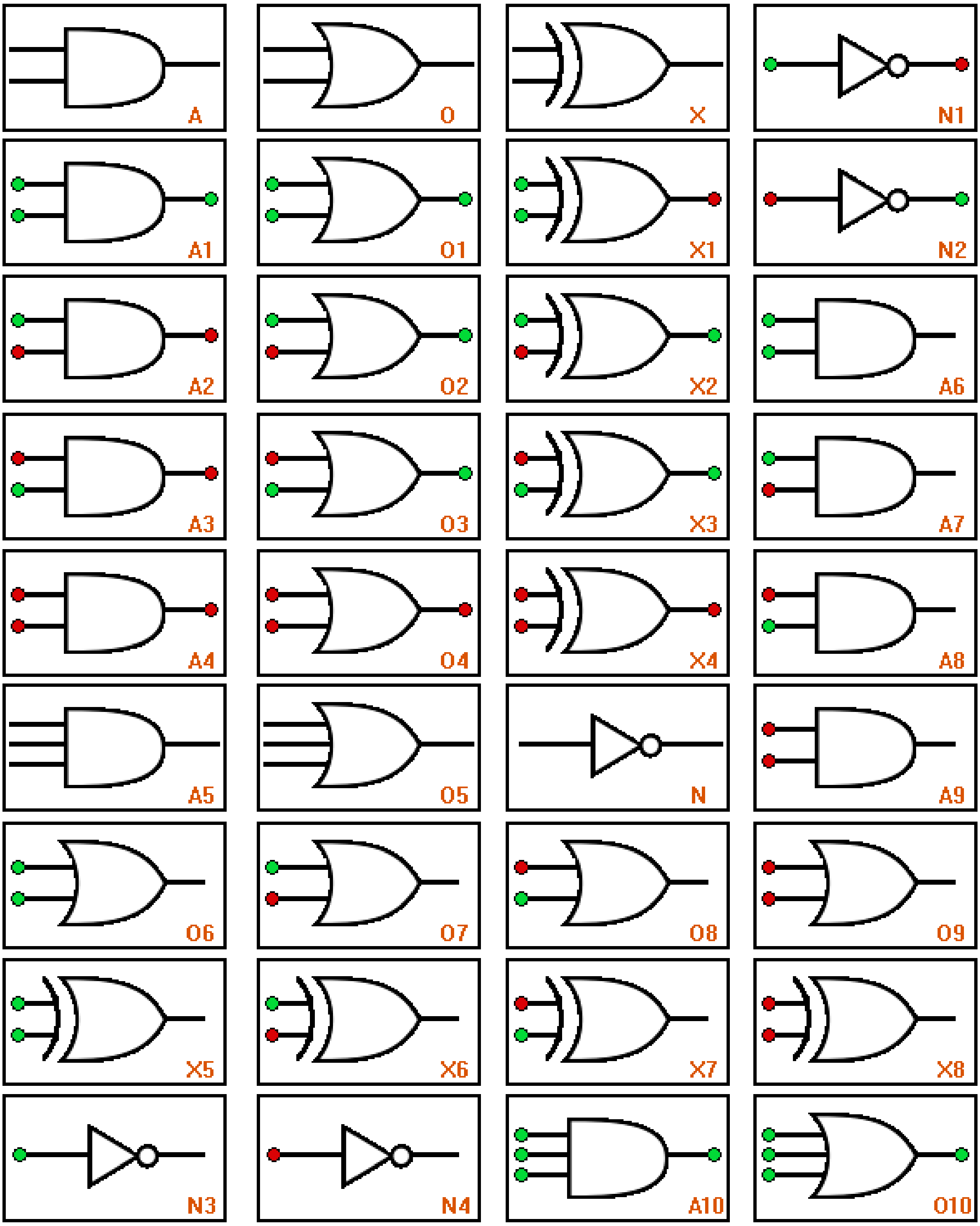
Observação No modo Individual Livre, se o professor tiver optado por adicionar peças extras, ele deve puxar o esquema sem mostrar ao aluno e entregar o modelo e as peças necessárias para que comece a partida.

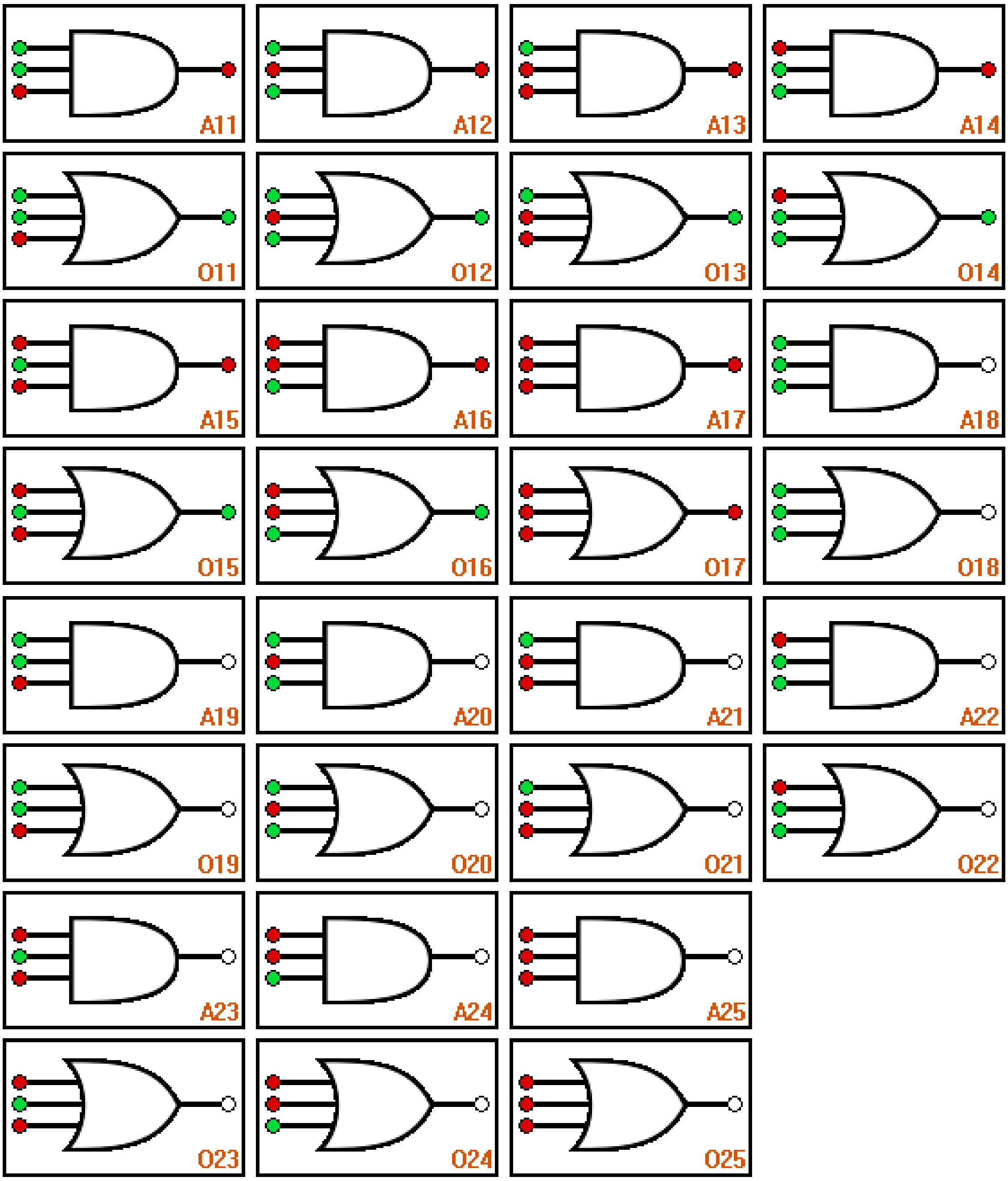
Exemplo O professor Gustavo selecionou dentre as 24 cartas de esquemas as 8 cartas que são adequadas para seus alunos. Ele juntou elas e as embaralhou com face virada para baixo para que ninguém as visse. Ainda com as cartas viradas para baixo ele pediu que João puxasse a carta do topo e mostrasse a todos. A carta que João pegou apresentava um "I"laranja no meio, indicando o modelo a ser usado, e as letras "A", "N"e "X"a baixo, representando uma possível solução. Gustavo juntou o modelo e as peças apresentadas no esquema e entregou tudo a João. João endireitou o modelo e as peças a sua frente de forma que pudesse visualizar melhor. O modelo "I"possui 3 locais para encaixar peças e 3 linhas à esquerda, que são as entradas. Das 3 entradas, duas estão ligadas ao primeiro local de encaixe e a outra ligada a um segundo local. Destes dois locais saem 1 linha de cada que servem como entradas para o terceiro local, que possui uma linha de saída em vermelho. Como o segundo local possui apenas uma linha de entrada na cor verde, João olha para suas peças ("A", "N"e "X") e deduz que deve usar a peça "N"pois é a única que possui apenas uma linha de entrada. Como as peças usadas não possuem coloração nem de entrada nem de saída, João precisa lembrar do que foi ensinado e recorda que a peça "N"representa a negação lógica, e portanto a sua saída é contrária a entrada. Faltando duas peças para encaixar, João visualiza o que já descobriu. O terceiro local, que apresenta a



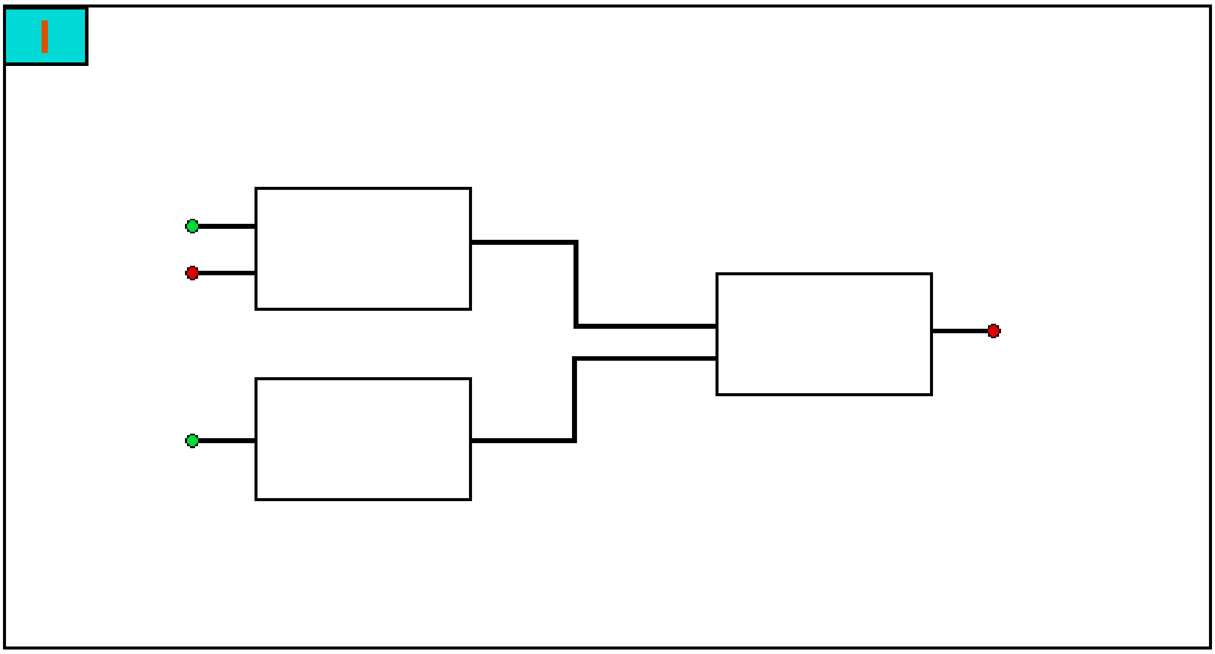
saída vermelha, recebeu de entrada a saída da peça "N"que ele encaixou. Suas opções são usar a peça "A", que representa a conjunção (conectivo E), ou a peça "X", que representa a disjunção exclusiva (conectivo OU exclusivo). João sabe que se usar a peça "A"neste terceiro local, onde possui uma entrada vermelha (saída da peça "N"), a saída será sempre vermelha, independente da outra entrada. Portanto, João coloca a peça "A"no terceiro local e a "X"no primeiro local. O professor Gustavo confere os encaixes e indica o acerto de João.

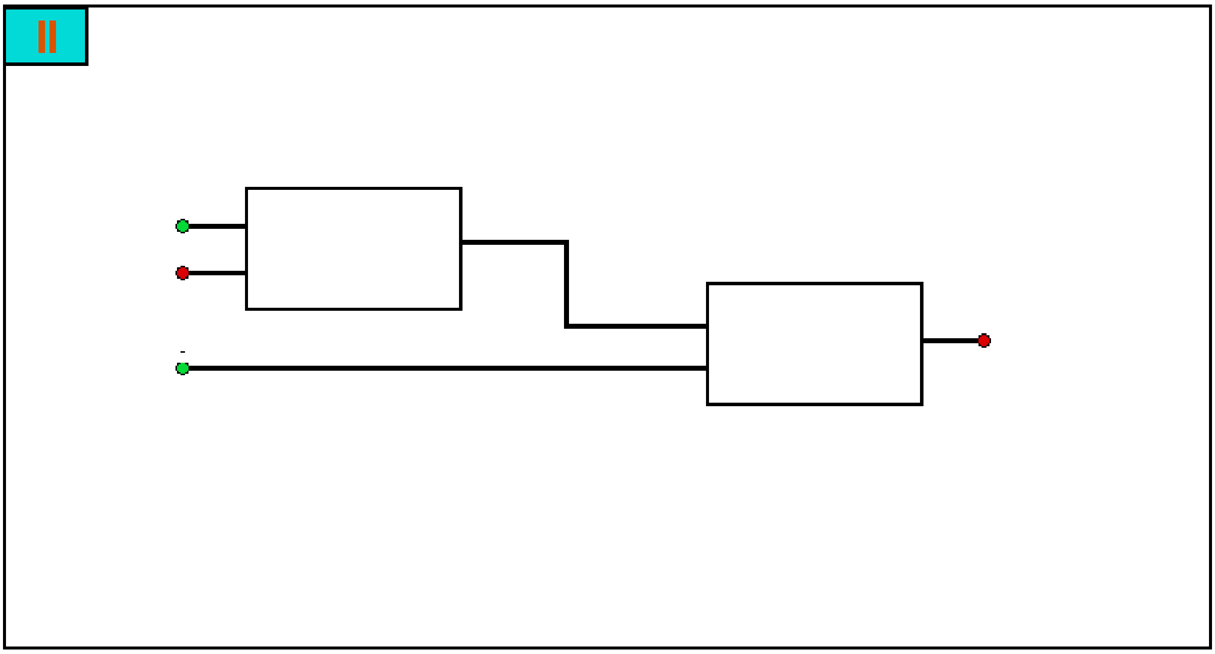
B Peças

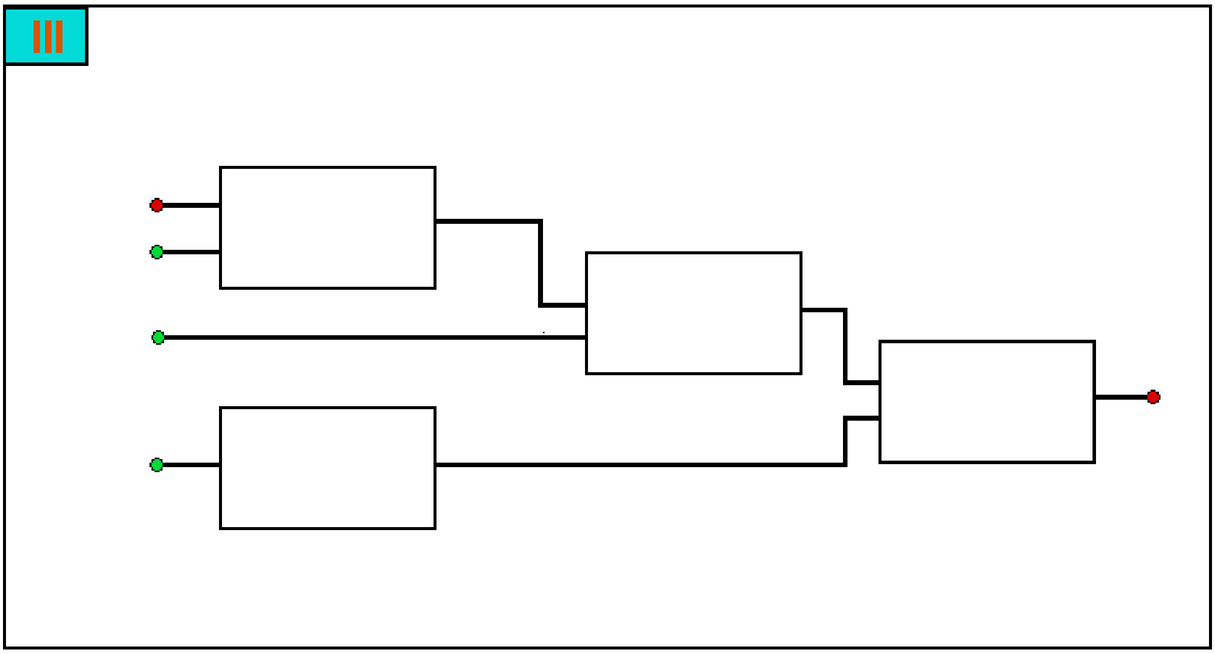

A
O
X
N1
A1
O1
X1
N2
A2
O2
X2
A6
A3
O3
X3
A7
A4
O4
X4
A8
A5
O5
N
A9
O6
O7
O8
O9
X5
X6
X7
X8
N3
N4
A10
O10

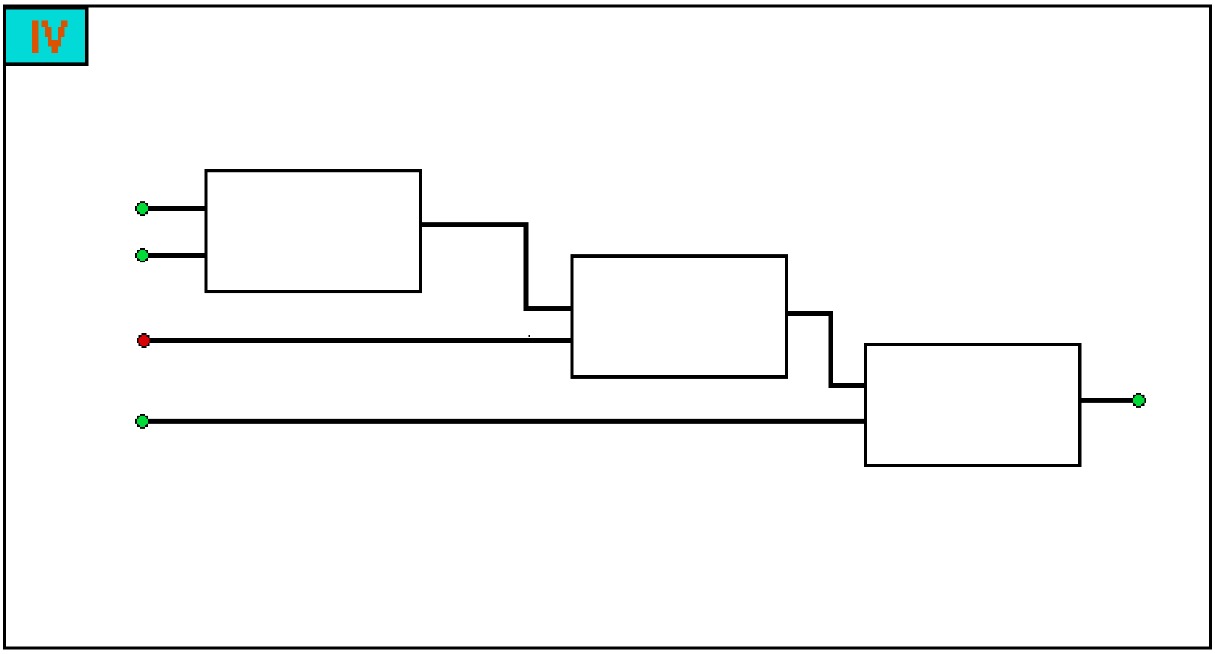

A11
A12
A13
A14
O11
O12
O13
O14
A15
A16
A17
A18
O15
O16
O17
O18
A19
A20
A21
A22
O19
O20
O21
O22
A23
A24
A25
O23
O24
O25

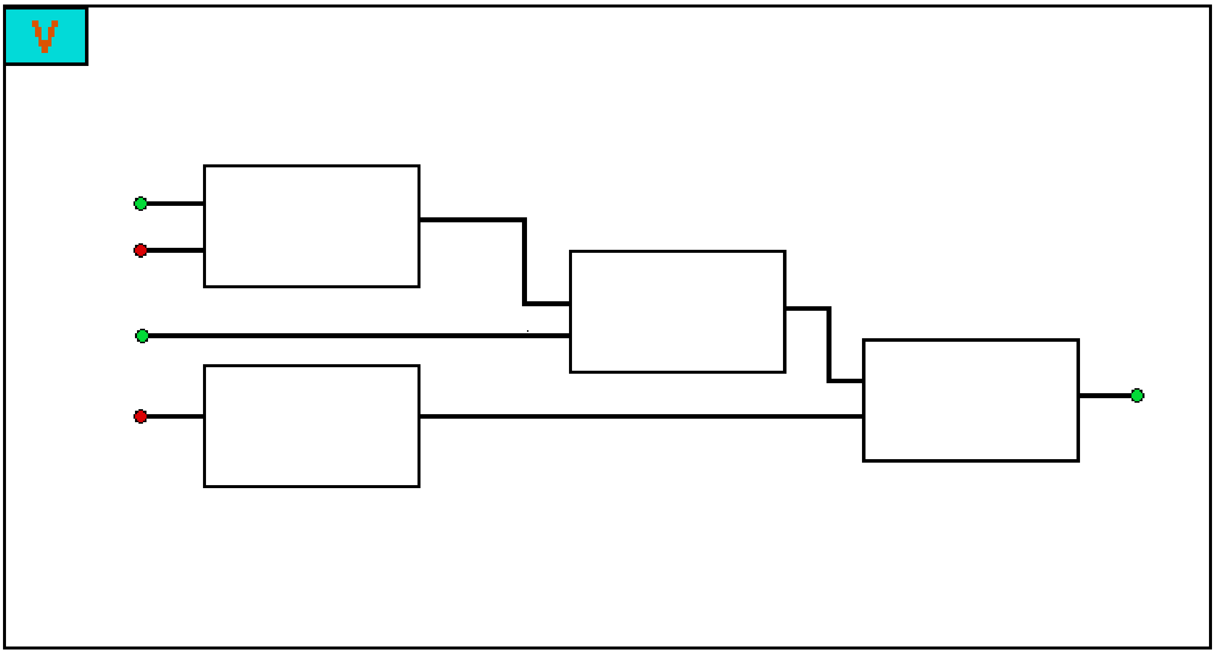
C Modelos

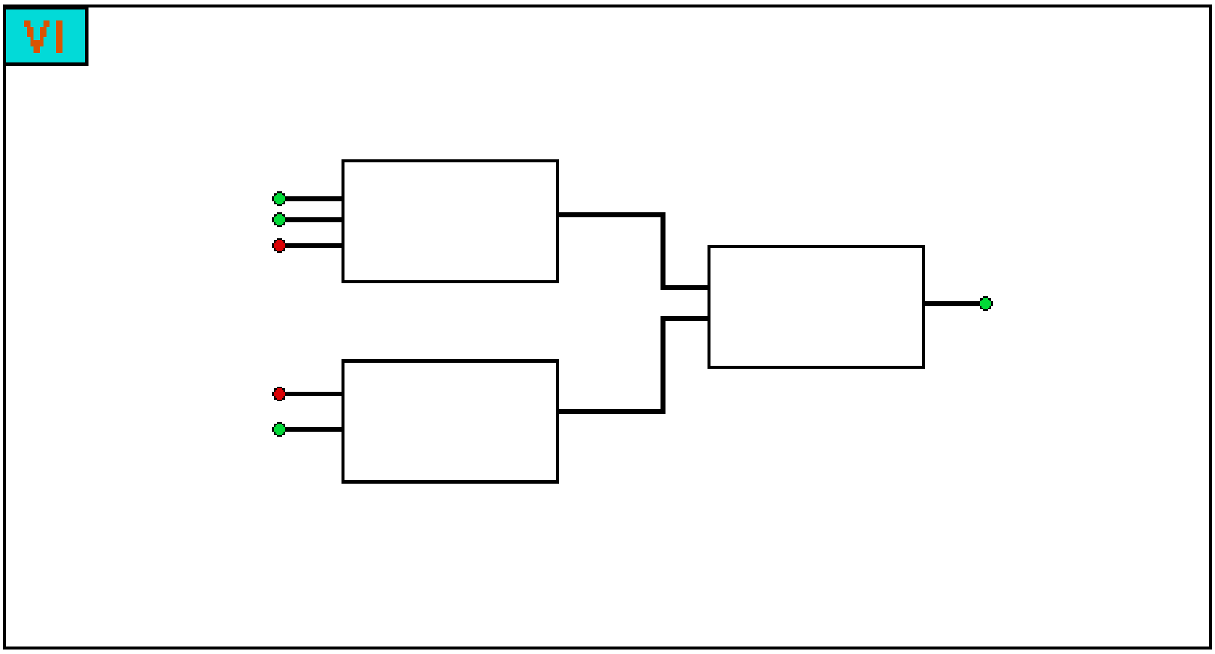


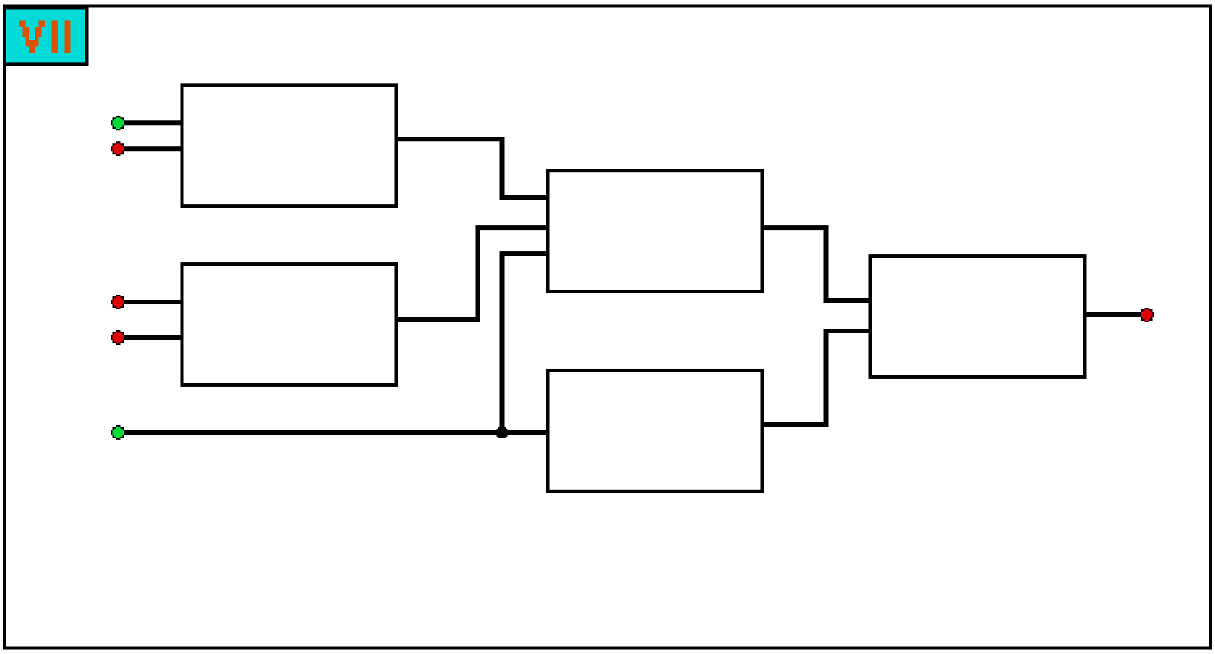



III


IV


V


VI


VII

D Esquemas

I A2, A4, N1	I A2, N1, O2	I A, N, X	II A2, A3	II O2, X1	II O7, X5
III N1, O4, X1, X3	III A2, A3, N1, O3	III A6, A7, N3, X7	III A, N, X, X	III A, N, O, O	IV X1, X3, X4
IV O8, X5, X8	IV A6, A6, O7	V A1, N2, O1, O2	V A7, A8, N4, O8	VI A5, O, O	VI A, O, O5
VI A, O5, X	VII A2, A4, N1 O2, O12	VII A2, A2, N1 O4, O16	VII A4, A12, N1 O2, O4	VII A7, A9, N3 O7, O20	VII A9, A20, N3 O7, O9