



# **CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS**

*Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 1.162, de 13/10/16, D.O.U. nº 198, de 14/10/2016*  
AELBRA EDUCAÇÃO SUPERIOR - GRADUAÇÃO E PÓS-GRADUAÇÃO S.A.

Nalberthy Sousa da Silva

## MÓDULO DE CÁLCULO PROPOSICIONAL PARA O LOGIC LIVE: REGRAS HIPOTÉTICAS, MELHORIAS E GAMIFICAÇÃO

Palmas – TO

2021

Nalberthy Sousa da Silva

MÓDULO DE CÁLCULO PROPOSICIONAL PARA O LOGIC LIVE: REGRAS  
HIPOTÉTICAS, MELHORIAS E GAMIFICAÇÃO

Projeto de Pesquisa elaborado e apresentado como requisito parcial para aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II (TCC II) do curso de bacharel em Ciência da Computação pelo Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof.a Dr.a Parcilene Fernandes de Brito.

Palmas – TO

2021

Nalberthy Sousa da Silva

MÓDULO DE CÁLCULO PROPOSICIONAL PARA O LOGIC LIVE: REGRAS  
HIPOTÉTICAS, MELHORIAS E GAMIFICAÇÃO

Projeto de Pesquisa elaborado e apresentado como requisito parcial para aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II (TCC II) do curso de bacharel em Ciência da Computação pelo Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof.a Dr.a Parcilene Fernandes de Brito.

Aprovado em: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

BANCA EXAMINADORA

---

Prof.a D.ra Parcilene Fernandes de Brito

Orientador

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

---

Prof. M.e Fabiano Fagundes

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

---

Prof.a M.e Madianita Bogo Marioti

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

Palmas – TO

2021

## RESUMO

SILVA, Nalberthy Sousa. **Módulo de Cálculo Proposicional Para o Logic Live: Regras Hipotéticas, Melhorias e Gamificação.**. 2021. 57 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Ciência da Computação, Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas/TO, 2021<sup>1</sup>.

Este trabalho tem por objetivo apresentar as adaptações de interface, a inclusão de novas funcionalidades, as inserções de novas regras e a gamificação do módulo do cálculo proposicional. As adaptações realizadas representam uma melhora significativa de performance da interface do módulo, proporcionando ao usuário melhor interatividade na utilização do ambiente de derivação. O módulo também conta com a inclusão de novas funcionalidades, como, por exemplo, a inclusão da gramática para validar entradas de fórmulas no formato texto e convertê-las em estruturas XML para utilização nas etapas de derivação. Esta funcionalidade foi crucial para aplicação do módulo, pois através dela tornou-se possível a criação e adequação das regras de "hipótese PC", "hipótese RAA" e "introdução da disjunção". As melhorias implementadas na nova versão do módulo só foi possível de ser trabalhada devido a nova modelagem do módulo que divide a aplicação antiga em duas partes distintas, podendo trabalhar de forma separada utilizando o máximo de recursos fornecidos pelos *frameworks* de desenvolvimento. Durante o processo de modelagem do módulo foram realizadas análises para definição da estrutura de gamificação baseado no *framework* Educa3C. Dessa forma, foram definidos a dinâmica, os elementos e os mecanismos presentes em jogos para promover o engajamento dos usuários, após a definição da estrutura do módulo gamificado foi colocado em prática o processo de implementação onde foram realizadas integrações contínuas do módulo a plataforma Logic Live.

---

<sup>1</sup> Elemento incluído com a finalidade de posterior publicação do resumo na internet. Sua formatação segue a norma ABNT NBR 6023, por isto o alinhamento e o espaçamento diferem do padrão do texto.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1 - Estrutura de derivação.</b> .....	11
<b>Figura 2 - Modus Ponens.</b> .....	12
<b>Figura 3 - Eliminação da Negação.</b> .....	12
<b>Figura 4 - Introdução da Conjunção</b> .....	12
<b>Figura 5 - Eliminação de Conjunção</b> .....	13
<b>Figura 6 - Aplicação da regra Introdução da Disjunção.</b> .....	13
<b>Figura 7 - Aplicação da regra Eliminação da Disjunção.</b> .....	14
<b>Figura 8 - Aplicação da regra Introdução do Bicondicional.</b> .....	14
<b>Figura 9 - Aplicação regra eliminação do bicondicional.</b> .....	14
<b>Figura 10 - Aplicação regra Prova do Condicional.</b> .....	15
<b>Figura 11 - Aplicação regra Redução ao Absurdo.</b> .....	15
<b>Figura 12 - Pirâmide hierárquica dos elementos dos jogos.</b> .....	16
<b>Figura 13 - Representação do Framework Educa3C.</b> .....	19
<b>Figura 14 - Framework Octalysis.</b> .....	22
<b>Figura 15 - API do Logic Live: Recurso da Recompensa.</b> .....	26
<b>Figura 16 - Processo de desenvolvimento do módulo.</b> .....	27
<b>Figura 17 - DTD do Documento XML.</b> .....	31
<b>Figura 18 - Documento XML.</b> .....	32
<b>Figura 19 - Área de Derivação (Primeira Versão).</b> .....	33
<b>Figura 20 - Área de Derivação (Nova Versão).</b> .....	34
<b>Figura 21 - Utilização da regra Introdução da Disjunção.</b> .....	35
<b>Figura 22 - Inicialização de uma regra hipotética.</b> .....	36
<b>Figura 23 - Regra hipotética (PC).</b> .....	37
<b>Figura 24 - Regra hipotética (PC).</b> .....	38
<b>Figura 25 - Hipótese Encadeada (PC).</b> .....	39
<b>Figura 26 - Representação da Estrutura do Módulo Cálculo Proposicional.</b> .....	40
<b>Figura 27 - Arquitetura do Módulo Cálculo Proposicional.</b> .....	44
<b>Figura 28 - Módulos do Módulo Cálculo Proposicional.</b> .....	45
<b>Figura 29 - Exercícios do módulo de Estudo dos Conceitos.</b> .....	46
<b>Figura 30 - Estudo das regras de criação de fórmulas e Introdução ao Cálculo Proposicional.</b> .....	47

<b>Figura 31 - Estudo Livre.....</b>	<b>48</b>
<b>Figura 32 - Níveis de exercício do módulo Cálculo Proposicional.....</b>	<b>49</b>
<b>Figura 33- Exercício do módulo Cálculo Proposicional.....</b>	<b>50</b>
<b>Figura 34 - FeedBack de Erro. ....</b>	<b>51</b>
<b>Figura 35 - Finalização de Exercício.....</b>	<b>52</b>

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1 - Estrutura de derivação. ....</b>	<b>10</b>
<b>Tabela 2 - Descrições das Dinâmicas de Jogos.....</b>	<b>17</b>
<b>Tabela 3 - Descrição das Mecânicas de Jogos. ....</b>	<b>18</b>
<b>Tabela 4 - Descrição dos Componentes de Jogos.....</b>	<b>18</b>
<b>Tabela 5 - Definição das recompensas por comportamento.....</b>	<b>43</b>

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	6
2 REFERENCIAL TEÓRICO	8
2.1 CÁLCULO PROPOSICIONAL	8
2.1.1 REGRAS DE INFERÊNCIA	9
2.2 GAMIFICAÇÃO	13
2.2.1 Elementos de Jogos	14
2.2.2 Frameworks	16
2.2.2.1 Educa3c	16
2.2.2.2 OCTALYSIS	19
3 METODOLOGIA	23
3.1 MATERIAIS	23
3.2 MÉTODOS	24
4 RESULTADOS	27
4.1 Integração da Gramática	27
4.2 Adaptações do Módulo Cálculo Proposicional	28
4.2.1 Adaptação da interface	29
4.2.2 Adaptação da regra introdução da disjunção	30
4.3 Regras Hipotéticas do Cálculo Proposicional	32
4.4 Gamificação do Módulo Cálculo Proposicional	35
4.4.1 Segunda Dimensão: Comportamento do Usuário	37
4.4.2 Terceira Dimensão: Variáveis Consequentes	38
4.5 Desenvolvimento do Módulo Cálculo Proposicional	39
4.6 Apresentação da Interface dos exercícios	41
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	46
REFERÊNCIAS	48

## 1 INTRODUÇÃO

A disciplina de lógica é uma das disciplinas dos cursos de computação e encontra-se presente nas Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN) como disciplina base para formação na área da computação (MEC, 2012). Os conceitos ministrados na disciplina objetivam o desenvolvimento de competências e habilidades dos acadêmicos, como, estabelecer linhas de raciocínio, interpretar e resolver problemas a partir de representações formais, formalizar argumentos etc. A disciplina trabalha com dois segmentos da lógica, sendo eles Lógica Informal e Lógica Formal. Na lógica informal são estudados os argumentos em linguagem natural e sua análise pode ser feita de forma indutiva, já na lógica formal são trabalhados os argumentos de forma dedutiva e a análise é feita a partir de um conjunto de regras de inferência (NOLT; ROHATYN, 1991).

O cálculo proposicional utiliza dez regras de inferência no processo de dedução das etapas de prova de um argumento, cada regra é aplicada a uma ou mais premissas e o resultado de sua aplicação gera uma instanciação (NOLT; ROHATYN, 1991). As regras são aplicadas a fim de derivar um argumento com o objetivo de alcançar a conclusão. O processo de derivação consiste na utilização de regra sobre uma ou mais premissas de um argumento. Quando ocorre a derivação, é realizada uma representação visual do resultado obtido através da instauração da regra utilizada na qual obtém-se o “resultado da instanciação”, a “identificação das fórmulas proposicionais utilizadas” e a “regra aplicada”.

O estudo do cálculo proposicional faz parte do conteúdo da disciplina de lógica de predicados como método de dedução para validação de fórmulas proposicionais. A plataforma Logic Live, desenvolvida pelo Grupo de Estudos em Novas Tecnologias para processos de Ensino e Aprendizagem (GENTE) do CEULP/ULBRA, é composta por módulos que objetivam auxiliar os acadêmicos no processo de ensino-aprendizagem da disciplina de Lógica, promovendo aos mesmos tutorias e acompanhamento pedagógico por meio de plataforma gamificada online. O Módulo do Cálculo Proposicional, cuja primeira versão foi desenvolvida em Silva (2019), que será integrado à plataforma do Logic Live, objetiva auxiliar a aprendizagem de conteúdos da disciplina proporcionando aos acadêmicos a identificação das etapas de prova do cálculo proposicional.

A ferramenta construída na disciplina de estágio era dependente de arquivos XML para representação das fórmulas proposicionais, dessa forma, os recursos do

módulo ficaram limitados devido a ausência da funcionalidade de inserção de fórmulas externas que deverá ser inserida pelo usuário. A ausência deste recurso acabou impossibilitando a utilização correta da regra de “Introdução da Disjunção”, bem como a implementação das regras hipotéticas ausentes.

Os arquivos XML são estruturados através de um DTD (*Document Type Definition*) que padroniza a escrita das fórmulas proposicionais e possibilita a manipulação pela ferramenta através de um interpretador nativo da linguagem PHP (SILVA, 2019). No entanto, a criação de novas fórmulas para utilização no módulo torna-se um processo cansativo que depende do conhecimento das regras do DTD para criação manual dos documentos XML. Desse modo, o uso do documento XML foi substituído pelo uso de uma ferramenta capaz de criar fórmulas proposicionais de forma simples, apresentada na subseção (4.1).

A ferramenta é uma gramática intitulada GramLogic, que foi utilizada na automatização do processo de criação de fórmulas proposicionais utilizando uma gramática e um *parser* para validação das fórmulas dadas com base na inserção de fórmulas no formato texto. A substituição do arquivo XML pela gramática expandiu as possibilidades para o uso de uma infinidade de fórmulas proposicionais no módulo do Cálculo Proposicional.

Para que fosse possível adequar o módulo antigo com as novas funcionalidades de interação com o usuário, foi necessário reestruturá-lo em duas partes, separando *Back-End* e *Front-End* para cumprir os requisitos necessários para a integração (subseção 4.5). Dessa forma, o layout da versão antiga do módulo foi redefinido para proporcionar ao usuário a facilidade de uso do módulo, também foi implementado novos recursos utilizando o GramLogic como inclusão de novas regras e adaptação da regra de introdução da disjunção (subseção 4.2).

O *framework Educa3C* tem a função principal de guiar o projeto, a elaboração e implementação da gamificação de sistemas educacionais (GOMES et al., 2019). Com base nas recomendações do *Educa3C*, foi criado um modelo de gamificação do módulo para adequar a plataforma Logic Live. O modelo definido apresenta os conceitos da dinâmica de progressão e recompensa de acordo com o progresso do usuário (subseção 4.4).

O presente trabalho apresenta o estudo do cálculo proposicional, com uma abordagem teórica dos conceitos iniciais e o estudo das dez regras de inferência para o processo de derivação de fórmulas (subseção 2.1). Na subseção (2.2) é

apresentado o estudo aprofundado dos conceitos de gamificação e os *frameworks* de gamificação existentes para auxílio da utilização de estratégias de gamificação como alternativa às abordagens tradicionais presentes em diversos segmentos.

As melhorias e alterações realizadas na versão antiga do módulo tiveram o objetivo de transformar o módulo do cálculo proposicional em uma ferramenta simples e fácil de utilizar. O processo de derivação foi adaptado para corresponder a metodologia de ensino da disciplina de lógica de predicados da especialista do domínio. Os resultados do processo de desenvolvimento, gamificação e implementação das melhorias do módulo são apresentados na seção 4.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 CÁLCULO PROPOSICIONAL

O cálculo proposicional trabalha com o estudo de argumentos a fim de provar sua validade (Nolt; Rohatyn, 1991). Para isso é necessário compreender o argumento e como são aplicadas as regras de inferências para provar sua veracidade. “Argumentos são sequências de enunciados ou proposições, os quais um dos seus enunciados é conclusão e os demais são premissas” (Nolt; Rohatyn, 1991, p.1).

Os enunciados são sentenças declarativas que possuem um valor verdadeiro ou falso. Dessa forma, os enunciados de um argumento podem ser expressos por Fórmulas Bem Formada (*well-formed-formula*, wff) que consiste na formalização de um enunciado utilizando três regras de formação (Nolt; Rohatyn, 1991). Uma wff é criada utilizando letras sentenciais, conectivos lógicos e parênteses.

- Letras sentenciais: segundo Dias (1995), são as letras usadas para representar sentenças declarativas.
- Conectivos lógicos: negação, conjunção, disjunção, condicional e bicondicional. Os símbolos utilizados para representar os conectivos são apresentados na Tabela 1.
- Parênteses.

Tabela 1 - Estrutura de derivação.

Conectivo Lógico	Símbolo
Negação - Não	~
Conjunção - e	∧
Disjunção - ou	∨
Condicional - se... então	→
Bicondicional - se e somente se	↔

As regras de formação têm a finalidade de construir uma fórmula do cálculo proposicional coerente e formalizada, tais regras podem ser definidas por (Nolt;Rohatyn, 1991):

- Qualquer letra sentencial é uma Fórmula Bem Formada (wff).
- A partir de uma fórmula qualquer, a sua negação também é uma fórmula wff.
- Se P e Q são wffs, então  $(P \wedge Q)$ ,  $(P \vee Q)$ ,  $(P \rightarrow Q)$  e  $(P \leftrightarrow Q)$  também são wff.

Para Nolt e Rohatyn (1991), essas regras de formação contribuem para dar sentido a uma sequência de enunciados formalizados, tornando possível a aplicação de regras de inferência em fórmula proposicional gerada a partir de um argumento.

### 2.1.1 REGRAS DE INFERÊNCIA

O cálculo proposicional possui um conjunto de regras de inferência que são capazes de gerar todas as formas válidas a partir de uma fórmula proposicional. Este processo consiste em uma série de etapas simples e precisas de raciocínio, chamadas de derivação ou prova. Cada etapa numa derivação é uma instância de uma das regras” (Nolt; Rohatyn, 1991, p. 101). A Figura 1 ilustra a estrutura inicial do processo de derivação, em que é realizada a categorização e identificação das premissas de uma fórmula proposicional.

**Figura 1 - Estrutura de derivação.**

P → Q, P   - Q		
1	P → Q	p
2	P	p

Existem dez regras de inferência divididas em duas categorias que são utilizadas em conectivos lógicos de fórmulas: regras de introdução e regras de eliminação. Das regras, cinco pertencem às regras de introdução e cinco às de eliminação. Oito das dez regras de inferência, são regras não-hipotéticas e as duas restantes são regras hipotéticas, as quais necessitam de uma hipótese.

- Modus Ponens (MP): Permite a eliminação de um condicional. Ao obter um elemento igual ao antecedente de um condicional, é possível inferir seu conseqüente. Conforme mostrado na Figura 2, a partir do

condicional ( $P \rightarrow Q$ ), é utilizado seu antecedente ( $P$ ) para inferir seu consequente ( $Q$ ), através da premissa ( $P$ ).

**Figura 2 - Modus Ponens.**

$P \rightarrow Q, P \vdash Q$		
1	$P \rightarrow Q$	p
2	$P$	p
3	$Q$	1,2 mp

- Eliminação de Negação ( $\sim E$ ): É aplicada a um predicativo que possui duas ou mais negações, conforme a Figura 3. A devida regra objetiva anular dupla negação.

**Figura 3 - Eliminação da Negação.**

$\sim\sim Q \vdash Q$		
1	$\sim\sim Q$	p
2	$Q$	1 $\sim E$

- Introdução de Conjunção ( $\wedge I$ ): Pode-se inferir conjunção de duas fórmulas válidas. Seja  $P$  e  $Q$ , é possível inferir a conjunção  $P \wedge Q$ , conforme mostra a Figura 4.

**Figura 4 - Introdução da Conjunção**

$P \rightarrow Q, P \vdash P \wedge Q$		
1	$P \rightarrow Q$	p
2	$P$	p
3	$Q$	1,2 mp
4	$P \wedge Q$	2,3 $\wedge I$

- Eliminação de Conjunção ( $\wedge E$ ): Pode-se inferir um dos elementos da conjunção. Ou seja, de uma conjunção  $P \wedge Q$ , pode-se inferir um dos seus conjuntos  $P, Q$ , conforme mostra a Figura 5.

**Figura 5 - Eliminação de Conjunção**

P ^ Q  - P		
1	P ^ Q	p
2	P	1 ^E
3	Q	1 ^E

- **Introdução da Disjunção (vI):** Pode-se inferir a disjunção de uma fórmula válida com qualquer outra fórmula. Conforme mostra a Figura 6, dada a fórmula P, pode-se inferir a disjunção com o elemento Q. Da mesma forma, pode-se inferir a disjunção de P com outro elemento não pertencente às etapas de dedução.

**Figura 6 - Aplicação da regra Introdução da Disjunção.**

P, Q, R  - (P v Q) ^ (R v S)		
1	P	p
2	Q	p
3	R	p
4	P v Q	1,2 vI
5	R v S	3 vI
6	(P v Q) ^ (R v S)	4,5 ^I

- **Eliminação da Disjunção (vE):** A partir de dois condicionais com consequentes iguais, pode-se inferir o consequente, se os antecedentes dos condicionais forem iguais aos elementos de uma disjunção. Conforme a Figura 7, dado a disjunção (P v Q) e os condicionais (P→S) e (Q→S), pode-se inferir S utilizando os elementos da disjunção.

**Figura 7 - Aplicação da regra Eliminação da Disjunção.**

PvQ, P→S, Q→S  - S		
1	P ∨ Q	p
2	P → S	p
3	Q → S	p
4	S	1,2,3 ∨E

- **Introdução do Bicondicional (↔I):** a regra Introdução do Bicondicional consiste na junção de dois condicionais. Para isso, deve-se respeitar a seguinte regra. A partir de dois condicionais A = P → Q e B = Q → P, pode-se inferir o bicondicional se o antecedente do condicional A for igual ao consequente do condicional B e o antecedente do condicional B for igual ao consequente do condicional A. A Figura 8 apresenta a aplicação da regra.

**Figura 8 - Aplicação da regra Introdução do Bicondicional.**

P→S, S→P  - (P↔S)		
1	P → S	p
2	S → P	p
3	P ↔ S	1,2 ↔I

- **Eliminação do Bicondicional (↔E):** a partir de um Bicondicional P ↔ Q, é possível inferir P → Q ou Q → P. A aplicação desta regra é representada pela Figura 9.

**Figura 9 - Aplicação regra eliminação do bicondicional.**

P↔S  - (P → S)		
1	P ↔ S	p
2	P → S	1 ↔E

- **Prova do Condicional (PC):** É criado uma hipótese com o antecedente do condicional desejado e busca alcançar seu consequente, conforme o exemplo representado na Figura 10.

**Figura 10 - Aplicação regra Prova do Condicional.**

Q  - (Q → P) → Q		
1	Q	p
2	Q → P	H/PC
3	P	1,2 mp
4	(Q → P) → Q	2-3 PC

- Redução ao Absurdo (RAA): Tenta provar que uma dada fórmula é válida (por exemplo, P), quando o contrário desta fórmula ( $\sim P$ ), por meio de uma hipótese, gera uma contradição, sendo assim refutada, e provando que a fórmula P é verdadeira, conforme a Figura 11.

**Figura 11 - Aplicação regra Redução ao Absurdo.**

$\sim P \rightarrow Q, \sim Q  - P$		
1	$\sim P \rightarrow Q$	p
2	$\sim Q$	p
3	$\sim P$	H/RAA
4	Q	1,3 mp
5	$\sim Q \wedge Q$	2,4 ^I
6	P	3-5 RAA

## 2.2 GAMIFICAÇÃO

A integração dos elementos de jogos no contexto de não jogos é compreendida como gamificação (GRIFFIN, 2014). O conceito de gamificação proporciona a implementação de elementos e mecanismos de jogos como sistema de *feedback*, sistema de recompensas, níveis, interação, entre outros, podendo ser utilizado em diversos segmentos como alternativa às abordagens tradicionais, proporcionando foco para melhorar engajamento, motivação e experiência do usuário (FARDO, 2013).

O uso da gamificação de forma coerente e bem-sucedida, consiste na análise e interpretação um problema ou contexto com intuito de definir soluções utilizando a gamificação, contudo torna-se necessário um estudo aprofundado para determinar quais elementos irão ser utilizados para despertar no indivíduo emoções que são

necessárias para resolução do problema presente em determinados contextos (GOMES et al., 2019). A gamificação em si não consiste em recriar o problema buscando promover a resolução em um mundo virtual, mas sim utilizar os elementos de jogos juntamente com estratégias de gamificação para resolver os problemas no mundo virtual baseando-se em situações do mundo real (FARDO, 2013).

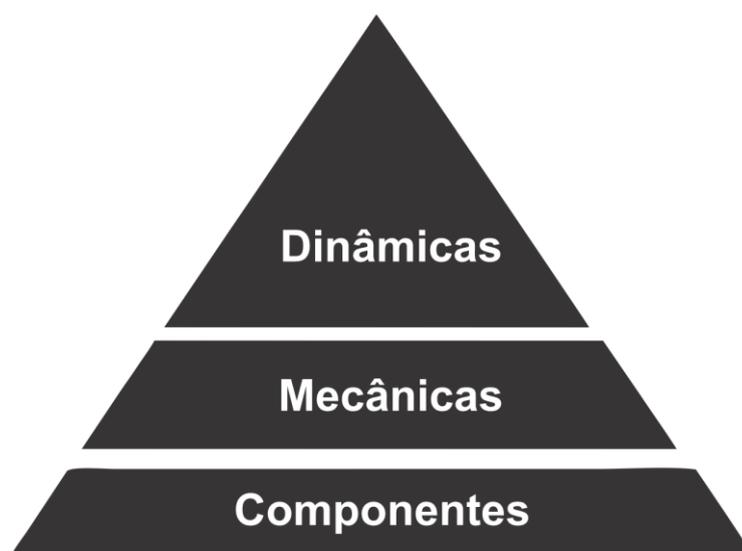
Neste sentido, a gamificação proporciona uma adaptação às abordagens tradicionais, desde que sejam implementados elementos de jogos que forneçam alguma espécie de estímulo positivo como atenção, motivação e satisfação aos usuários Menezes et al. (2014). Para entendimentos aprofundados sobre os elementos de jogos usados no processo de gamificação, a subseção 2.2.1 abordará os conceitos fundamentais que despertam motivação dos usuários em sistemas gamificados.

#### 2.2.1 Elementos de Jogos

Segundo Bunchball (2016) os elementos de jogos são utilizados na gamificação para influenciar o comportamento dos usuários. No contexto educacional estes elementos são utilizados para promover o engajamento dos alunos, aumentar a motivação e atingir determinados objetivos de aprendizagem (Kiryakova, Angelova, & Yordanova, 2014).

Werbach e Hunter (2012) definem os elementos em três categorias: dinâmica, mecânica e componentes, representadas pela figura 12.

**Figura 12 - Pirâmide hierárquica dos elementos dos jogos.**



Fonte: Werbach e Hunter (2012)

Os elementos estão ordenados de forma decrescente, a dinâmica está no topo da hierarquia de abstração, o relacionamento entre os elementos segue a seguinte ordem: Os componentes estão interligados a um ou mais elementos de nível superior e conseqüentemente a mecânica está interligada a uma ou mais dinâmicas (Werbach; Hunter, 2012).

Segundo Salcu e Carmen (2013), as dinâmicas são estruturas implícitas projetadas para realizar o envolvimento entre os usuários e as mecânicas. São compostas por um conjunto de mecânicas de jogos utilizados para conduzir o comportamento promovendo a satisfação dos usuários (Bunchball, 2016). A Tabela 2 apresenta a descrição de alguns elementos da dinâmica de jogo.

**Tabela 2 - Descrições das Dinâmicas de Jogos.**

<b>DINÂMICA</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>
Recompensas	Uma recompensa representa algo que possui um valor, por exemplo, bens virtuais como pontos, moedas. É atribuída após a realização de uma ação.
Status	Status são definidos como uma forma de reconhecimento, prestígio ou fama. Os status são formas de fazer com que o jogador se destaque entre os demais.
Realização	Os jogadores que cumprem as metas difíceis recebem reconhecimento e recompensas gratificantes.
Concorrência	O ambiente competitivo influencia os indivíduos a obterem altos desempenhos, os jogadores com melhores resultados são beneficiados como reconhecimento pelo desempenho obtido.

Fonte: Bunchball (2016)

Segundo Werbach e Hunter (2012), as mecânicas são processos responsáveis por impulsionar a ação e promover o envolvimento dos jogadores. A mecânica pode ser definida através de regras e recompensas influenciando diretamente as ações dos usuários, determinando quais ações poderão ou não ser realizadas dentro do jogo (Costa; Marchiori, 2015). A Tabela 3 apresenta a descrição de alguns elementos da mecânica de jogo.

**Tabela 3 - Descrição das Mecânicas de Jogos.**

<b>MECÂNICA</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>
Pontos	Os pontos são podem ser atribuídos como recompensas, os indicadores de status podem ser definidos na medida em que os usuários utilizam pontos acumulados para adquirir bens dentro dos jogos.
Níveis	São categorias ou classes definidas para representar experiências dos usuários, os níveis podem subir de acordo com a quantidade de pontos acumulados.
Tabelas de classificação	São utilizadas para representar o progresso dos usuários, a definição da tabela pode ser estabelecida em relação aos níveis, pontos, status, entre outros.
Competições	Permite que os usuários possam realizar desafios entre-si promovendo a busca por vitórias.

Fonte: Bunchball (2016)

Segundo Costa e Marchiori (2015), os componentes são aplicações representadas de forma visual que interagem diretamente com os usuários, tornando possível a realização de uma interação direta pela interface do jogo. A Tabela 4 apresenta a descrição de alguns componentes presentes em jogos.

**Tabela 4 - Descrição dos Componentes de Jogos.**

<b>COMPONENTES</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>
Avatar	Representa o usuário no mundo virtual através de um personagem
Bens virtuais	Itens no jogo que representam algo de valor como moedas, roupas, armas, entre outros.
Boss	É representado como desafio mais difícil, geralmente o boss está presente na etapa final de um nível ou cenário. O boss é definido como avatar nativo do jogo.
Combate	O combate pode ser definido como uma ação na qual um personagem causa danos a outro personagem. Para que um combate ocorra são implementados componentes que representam ações de danos, defesas, ataques, entre outros.

Fonte: Costa e Marchiori (2015)

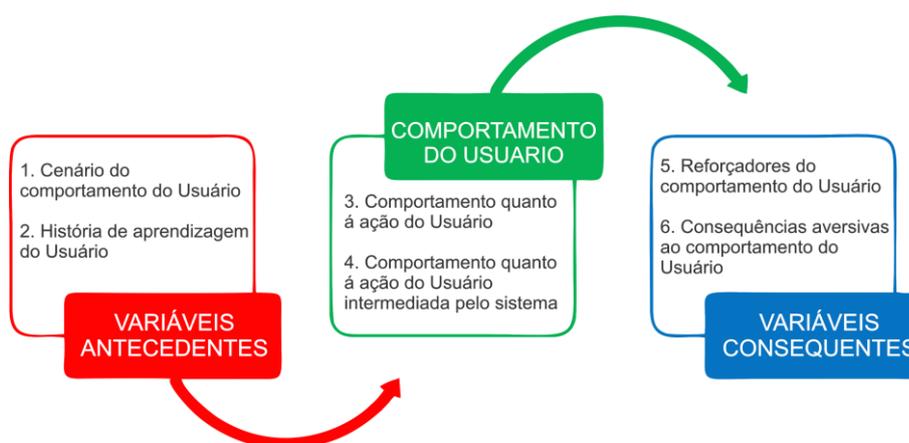
## 2.2.2 Frameworks

Os frameworks são estruturas representadas por um conjunto de funções, métodos, regras, etapas ou dimensões que são utilizadas para orientar o desenvolvimento de uma aplicação, metodologia ou processos presentes em diversos contextos com finalidade de resolver problemas de um contexto específico. Os *frameworks* de gamificação auxiliam o projeto e implementação de diversificados sistemas e metodologias com foco no ser humano. Nas subseções 2.2.1.1 e 2.2.1.2 serão apresentadas frameworks de gamificação com foco no usuário.

### 2.2.2.1 Educa3c

O *framework* tem a função principal guiar o projeto, a elaboração e implementação da gamificação de sistemas no contexto educacional (GOMES et al., 2019). Com a utilização da tríplice contingência da análise comportamental torna-se possível identificar quais efeitos comportamentais os elementos de jogos irão despertar nos indivíduos. O *framework* trabalha com 3 dimensões denominadas: Variáveis Antecedentes, Comportamento do Usuário e Variáveis Consequentes.

**Figura 13 - Representação do Framework Educa3C.**



Fonte: Gomes et al. (2019)

Para que a gamificação de um sistema no contexto educacional seja implementada de forma bem-sucedida, é necessário obter uma compreensão aprofundada sobre o sistema que será gamificado, bem como os objetivos a serem alcançados. Com base nisso, a dimensão Variáveis Antecedentes trabalha com a

etapa inicial que consiste na compreensão aprofundada do sistema e objetivos a serem alcançados (GOMES et al., 2019).

Conforme a figura 13, as dimensões Variáveis Antecedentes, Comportamento do Usuário e Variáveis Consequentes são representadas por etapas.

#### **Variáveis Antecedentes:**

Na primeira etapa, Cenário do comportamento do Usuário é sugerido o uso de técnicas para análise dos requisitos que irão favorecer a identificação dos contextos, fluxos de eventos e sequências do sistema que possibilitam a interação do usuário e a resposta do sistema. Na segunda etapa, História de Aprendizagem do Usuário, consiste na identificação do público-alvo buscando compreender suas características, possibilitando a elaboração de métodos capazes de atender suas necessidades. Com isso torna-se necessário a definição das variáveis de controle do sistema responsáveis realizar funções como controlar o tempo gasto para realizar um determinado objetivo, identificar quantidade de erros cometidos, identificar os erros cometidos, entre outros. Segundo GOMES et al. (2019) para obter informações sobre a história ontogenética do usuário deve-se realizar questionários desenvolvidos por especialistas do domínio juntamente com psicólogo.

#### **Comportamento do Usuário:**

Na terceira etapa, Comportamento quanto a Ação do Usuário, é realizada a criação de componentes para armazenar ações ou comportamentos realizados pelo usuário durante a utilização do sistema, por exemplo, seleção de opção, submissão de informações, troca de informações, entre outros.

Na quarta etapa, Comportamento quanto a Ação do Usuário Intermediada pelo Sistema, é realizada a implementação de elementos e componentes que identificam os comportamentos dos usuários tornando possível a intermediação, por exemplo, de verificação de progresso, avaliação de desempenho, tempo gasto para realizar determinada atividade, dentre outros.

#### **Variáveis Consequentes:**

Na quinta etapa, Reforçadores do Comportamento do Usuário, segundo GOMES et al. (2019), torna-se necessário realizar o estudo dos elementos de jogos, recursos e técnicas computacionais. O estudo proposto tem a finalidade de determinar quais elementos são necessários para estimular os usuários bem como os meios necessários para realizar integração dos elementos ao sistema gamificado. Os

elementos fundamentais para o desenvolvimento da gamificação são compostos por dinâmicas, mecânicas e componentes de jogos (WERBACH; HUNTER, 2012).

Segundo Costa e Marchiori (2015), a dinâmica pode ser representada como a interação que ocorre entre o jogador e a mecânica do jogo. As mecânicas são utilizadas para orientar as ações dos jogadores delimitando o que o usuário pode ou não fazer dentro do sistema gamificado. Os componentes são definidos como aplicações específicas, podendo ser visualizadas e utilizadas na interface do jogo.

GOMES et al., recomenda a utilização dos seguintes elementos de jogos:

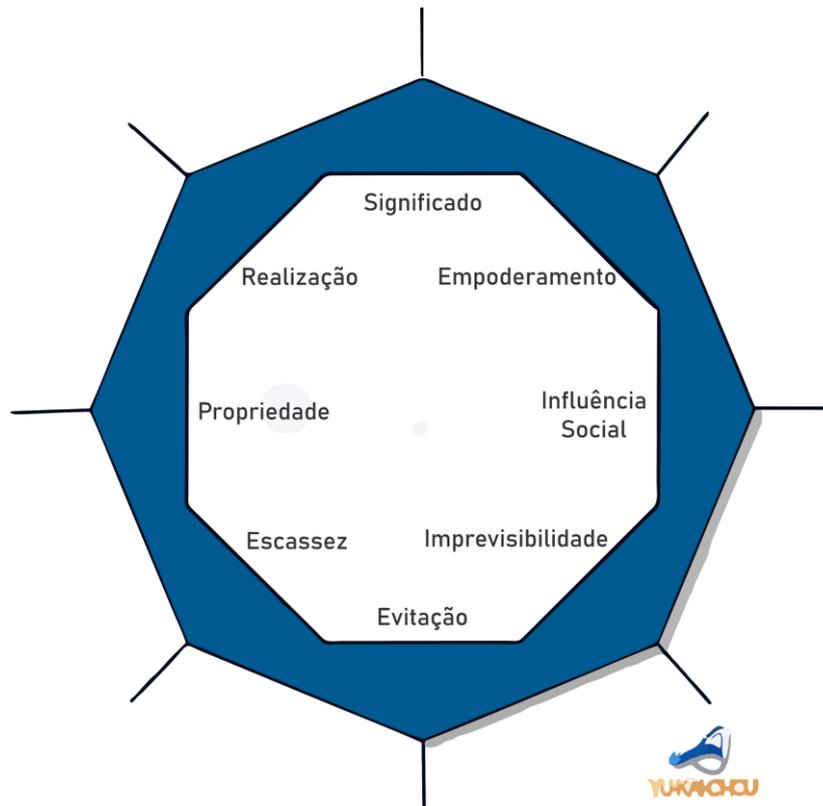
- Dinâmicas: Restrições (limitações impostas), Narrativa (enredo consistente e contínuo), Progressão (expressa evolução do usuário no decorrer do tempo) e Relacionamentos (interações sociais entre os usuários);
- Mecânicas: Desafios (atividades que exigem esforço para serem resolvidas), Competição (os usuários concorrem entre si), *Feedback* (retorno de informações relevantes aos usuários) e Recompensas (benefícios oferecidos por comportamento);
- Componentes: Emblemas (representam as conquistas do usuário), Tabelas de Classificação (mostram o progresso dos usuários), Tabelas de Classificação (mostram o progresso dos usuários), Níveis (passos da progressão às atividades), Avatares (representam o usuário no mundo virtual) e Bens Virtuais (ativos de jogos com valor percebido).

Na sexta e última etapa, Consequências Aversivas ao Comportamento do Usuário, é realizado uma análise do efeito da gamificação sobre o usuário, com isso torna-se possível definir novas variáveis de controle e/ou recompensas para alterar a ocorrência do comportamento ocorrido pelas consequências aversivas.

#### 2.2.2.2 OCTALYSIS

O Framework Octalysis, desenvolvido por Yu Kai-Chou (Chou, 2015), apresenta oito unidades principais que avaliam determinados sentimentos presentes nos usuários, como engajamento, motivação e diversão. A figura 14 apresenta as oito unidades presentes no Framework Otalysis:

**Figura 14 - Framework Octalysis.**



Fonte: Traduzido de Chou (2015)

As oito unidades mostradas na figura 14 serão apresentadas por tópicos contendo sínteses baseadas no trabalho desenvolvido por Yu Kai-Chou (Chou, 2015).

### **1) Significado e Chamada:**

A unidade Significado e Chamada é determinada quando uma pessoa acredita que está realizando algo maior que ela mesma ou foi escolhida para executar uma devida ação. A unidade trabalha para garantir a convicção do indivíduo em acreditar ser especial por obter algo que acredita ser valioso ou realizar determinadas atitudes que influenciam em um bem maior que a si mesma.

### **2) Desenvolvimento e Realização:**

Desenvolvimento e Realização consistem na motivação interna que leva um indivíduo a progredir, desenvolver habilidades, alcançar objetivos e superar desafios.

A importância dos desafios torna-se capaz de trazer um sentido para as conquistas obtidas. Esta unidade é a unidade principal, com ela é possível projetar elementos capazes de manter os usuários engajados realizando atividades que forneçam pontos, recompensas, placares e emblemas.

### **3) Capacitação de criatividade e Feedback:**

Capacitação de criatividade e Feedback ocorrem quando os usuários estão envolvidos em um processo criativo que possibilita descobertas repentinas e promove a tentativa de combinações diferentes. Nesta unidade trabalha-se os elementos que permitem aos usuários desenvolver o processo de criatividade, visualização de resultados obtidos, recebimento de *feedbacks* e possíveis melhorias.

### **4) Propriedade e Posse:**

A propriedade e posse está presente quando os usuários são motivados pela sensação de ser detentor de algo que acha que possuem ou controlam. Esta unidade trabalha os recursos que despertam o desejo de posse, incentivando a motivação de melhoria de suas posses e conseqüentemente levando o usuário a adquirir ainda mais, como, por exemplo, o acúmulo de riquezas, bens virtuais e propriedade sobre um processo.

### **5) Influência Social:**

Influência Social incorpora os elementos sociais que despertam a motivação nas pessoas, tais como orientação, aceitação social, companheirismo, competição e inveja. Esta unidade trabalha a influência do meio social onde o usuário está inserido, gerando uma motivação no indivíduo, que pode agir de forma positiva ou negativa, como, por exemplo: sentir-se motivado por querer alcançar o mesmo nível de sucesso que um amigo, uma lembrança positiva de um produto pode aumentar as chances de compra do produto.

### **6) Escassez e a Impaciência:**

A Escassez e a Impaciência consistem no desejo de obter algo difícil de adquirir por ser extremamente raro, exclusivo ou imediatamente inatingível. Nesta unidade são trabalhados os recursos referentes aos aspectos, bens ou serviços que devem ser difíceis de serem adquiridos, como itens virtuais, recursos adquiridos através de definição temporal, recursos limitados.

### **7) Imprevisibilidade e curiosidade:**

Imprevisibilidade e curiosidade compõem o núcleo do envolvimento constante, que é estabelecido através do desejo inofensivo de querer descobrir o que acontecerá a seguir. Esta unidade pode ser definida como unidade principal por trás dos vícios de jogos. Com ela são definidas atividades que fornecem algo imprevisível com intuito de despertar o interesse e a curiosidade dos indivíduos por o que irá acontecer.

### **8) A Perda e Prevenção:**

A Perda e Prevenção podem ser expressas como motivação para evitar que algo negativo aconteça. O esforço realizado pelo usuário ocasiona na motivação para manter o foco e permanecer ativo para evitar acontecimentos negativos, por exemplo: a perda de vida pode ocasionar no fim do jogo obrigando o jogador a recomeçar novamente sem os recursos conquistados, conseqüentemente, o jogador terá que realizar todo o trabalho para conquistar novamente os recursos perdidos.

No *Framework Octalysis* são definidas as unidades centrais do lado esquerdo ("Desenvolvimento e Realização", "Propriedade e Posse" e "Escassez e Impaciência") como unidades extrínsecas que estimulam o lado esquerdo do cérebro motivando os usuários de forma lógica, racional, matemática e analítica. As unidades centrais do lado direito ("Desenvolvimento e Realização", "Propriedade e Posse", "Escassez e Impaciência") são definidas como unidades intrínsecas que estimulam o lado direito do cérebro motivando a criatividade, sociabilidade e curiosidade dos usuários (CHOU, 2015).

No Framework as unidades apresentadas são separadas em duas categorias: White Hats e Black Hats. A primeira é composta pelas unidades "Significado e Chamada", "Desenvolvimento e Realização" e "Capacitação de criatividade e feedback"; já a segunda é composta por "Escassez e impaciência", "Imprevisibilidade e curiosidade" e "Perda e Prevenção" (CHOU, 2015).

Na categoria White Hats as unidades são elementos de motivação que faz com o que o indivíduo se sinta poderoso, realizado e satisfeito. Esses elementos são responsáveis por despertar a sensação de controle das ações. Em Black Hats as unidades possuem elementos que despertam sentimentos de obsessão, ansiedade e vício. Estes elementos conseguem motivar comportamentos a longo prazo, o que gera uma sensação de perda de controle.

### 3 METODOLOGIA

Nesta seção são apresentados os materiais utilizados e os procedimentos realizados durante o desenvolvimento do presente trabalho.

#### 3.1 MATERIAIS

- XML: consiste em uma linguagem de marcação de texto simples e flexível que define um conjunto de regras para codificação e criação de documentos com dados organizados hierarquicamente, tais como textos e banco de dados. O XML permite a criação de um conjunto de regras possibilitando o desenvolvimento de estruturas restritas e padronizadas para um determinado contexto. Devido a estas características, foi possível representar as fórmulas proposicionais utilizadas no módulo desenvolvido. As regras estruturais são definidas através de um DTD (*Document Type Definition*) que contém as informações da estrutura e sintaxe da linguagem. O DTD determina um conjunto de regras para ser vinculado a um documento XML, as regras vão desde a definição das tags e hierarquias, até a definição de metadados. Foi utilizado estrutura XML com base no DTD apresentado por Brito (2003) para atender somente as fórmulas proposicionais usadas no presente trabalho.
- ANTLR: é um gerador de *parser* para leitura, processamento e execução amplamente utilizado para construir linguagens, ferramentas e frameworks. A partir de uma gramática, o ANTLR gera um analisador (*parser*) que pode construir e andar por árvores.
- GramLogic: é uma gramática desenvolvida na disciplina de compiladores por acadêmicos do curso de Ciência da Computação do Centro Universitário Luterano de Palmas. A ferramenta permite a criação e a validação de fórmulas da lógica proposicional através de uma gramática, criada com auxílio do Antlr4. Com o uso dessa ferramenta é possível ler, analisar, processar e criar documentos XML para representar fórmulas proposicionais.
- Laravel: é um *framework* de desenvolvimento web usado para o desenvolvimento de aplicações em PHP com a arquitetura MVC (*model, view, controller*). O PHP (*Hypertext Preprocessor*) é uma linguagem de programação

open source (de código aberto) conhecida mundialmente. Com ela, desenvolvedores podem criar sites dinâmicos, extensões para aplicativos, otimizar programas e sistemas operacionais. Por ser uma linguagem executada no servidor, o código fonte não é disponibilizado para usuários finais. O *Framework* Laravel foi utilizado para desenvolver o *Back-End* do módulo do cálculo proposicional, a arquitetura MVC utilizada pelo *framework* propõe uma divisão entre as regras da aplicação e tratamento das requisições, através dos recursos de API Rest é realizada a troca de dados para a apresentação do módulo através do *framework* Angular.

- Angular: é um Framework que possui uma arquitetura MVC, possibilitando a criação de sistemas em SPA (Single-Page Application). O *Front-End* do módulo gamificado foi desenvolvido em TypeScript com auxílio do framework Angular para criação de interfaces que atendam aos requisitos de gamificação propostos pelo Educa3C.
- API Logic Live: a plataforma Logic Live fornece uma API para os desenvolvedores consumirem os serviços fornecidos sem a necessidade de entendimento e intervenção do código fonte da aplicação. Cada recurso da API Rest possui uma única URI tornando possível a realização de interações com os recursos da aplicação através dos métodos, GET, POST, PUT e DELETE do protocolo HTTP.

**Figura 15 - API do Logic Live: Recurso da Recompensa.**



recompensa		
GET	/api/v1/recompensa	Lista todas as recompensas do usuário
POST	/api/v1/recompensa	Adiciona uma nova recompensa
GET	/api/v1/recompensa/{rec_codigo}	Localiza uma única recompensa
PATCH	/api/v1/recompensa/{rec_codigo}	Atualiza um ou mais campos da recompensa
PUT	/api/v1/recompensa/{rec_codigo}	Atualiza todos campos da recompensa
DELETE	/api/v1/recompensa/{rec_codigo}	Deleta uma recompensa

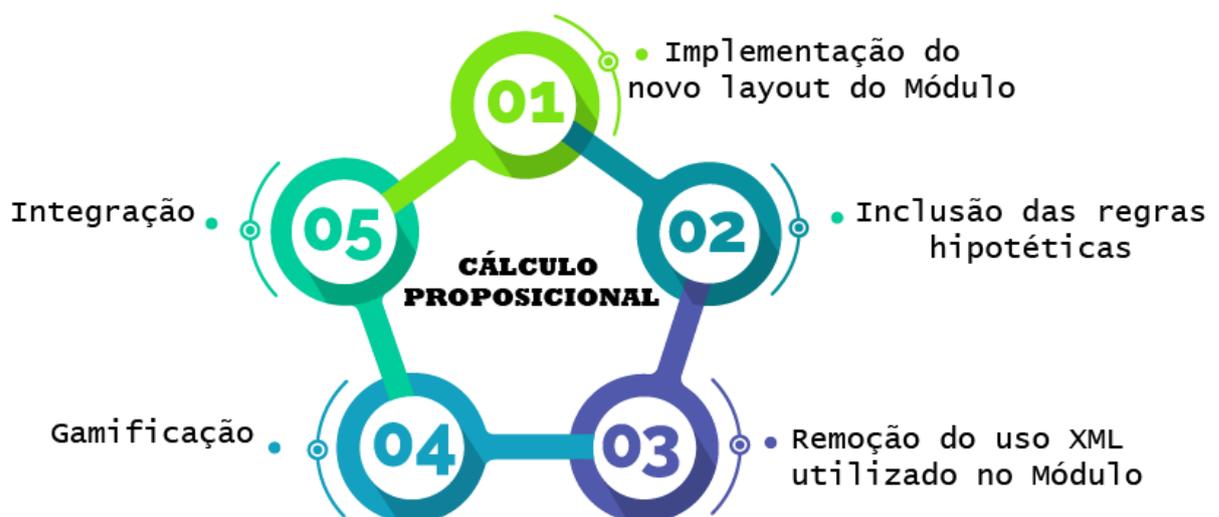
A Figura 15 apresenta o padrão de recursos da API “recompensa” presente na documentação da plataforma Logic Live. A documentação da plataforma contém nove API’s, sendo elas: usuário, *token*, personagem, recompensa, *game*, módulo, nível, exercício, jogador e respostas. Cada API possui o mesmo padrão de recursos REST, desse modo, torna-se possível a realização de requisições para integração e gerenciamento de estruturas de módulo gamificadas.

- MySQL: é utilizado para armazenar informações do módulo como usuários, exercícios, recompensas entre outros. O banco de dados relacional utiliza a linguagem SQL (*Structure Query Language*), que é usada para inserir, acessar e gerenciar o conteúdo armazenado.

### 3.2 MÉTODOS

Para o desenvolvimento do presente trabalho foi necessária a realização de algumas etapas no processo de desenvolvimento do módulo. A Figura 15, a seguir, ilustra os cinco principais procedimentos que compõem a metodologia de desenvolvimento.

Figura 16 - Processo de desenvolvimento do módulo.



A Figura 16 representa as etapas que foram realizadas no desenvolvimento do trabalho. Para a realização de melhorias, inclusão de funcionalidades, gamificação e integração do Módulo do Cálculo Proposicional, as seguintes etapas foram realizadas.

#### 01 - Implementação do novo *layout* do Módulo

Nesta etapa o módulo desenvolvido em estágio foi reestruturado para fornecer uma interface amigável e proporcionar formas simples de interação. Nesta segunda versão do módulo, o usuário pode realizar as seleções na área de derivação através da ação de *click*, assim, as linhas selecionadas são destacadas das demais para representar a seleção.

#### 02 - Inclusão das regras hipotéticas

Esta etapa consiste na inclusão das duas regras hipotéticas ausentes na primeira versão do módulo, são elas, hipótese de PC e hipótese RAA. Para finalização de uma hipótese também foi incluída uma ação que verifica a hipótese ativa, em seguida aplica a finalização de acordo com a regra hipotética e apresenta o resultado da instância na área de derivação.

#### 03 - Remoção do uso XML utilizado no Módulo

Nesta etapa ocorreu a integração do GramLogic à plataforma. O processo é iniciado com a aquisição fórmula proposicional via texto, em seguida é realizada uma análise gramatical criação de uma estrutura DOM da fórmula proposicional. A próxima etapa foi a realização do método responsável por interpretar o arquivo e transformá-lo em um objeto do PHP que representa o XML para manipulação. Com isso, foi possível estruturar o objeto representativo da fórmula em uma estrutura única padronizada para corresponder às necessidades do módulo.

#### 04 - Gamificação

Esta etapa consistiu na utilização das orientações do *framework* Educa3C no processo de gamificação utilizando dinâmicas e elementos de jogos. Este processo foi desde a elaboração até a implementação, definindo assim toda estrutura para colocar em prática os conceitos com base no estudo proposto pelo *framework*.

#### 05 - Integração

Durante o desenvolvimento do módulo foram realizadas adaptações para estabelecer a compatibilidade com a plataforma. Desse modo, os recursos implementados no módulo utilizam das APIs disponibilizadas pela plataforma Logic Live para fornecer as atividades e estudos elaborados aos usuários.

## **4 RESULTADOS**

Esta seção tem por objetivo apresentar o processo de melhorias do módulo desenvolvido na disciplina de estágio. As melhorias realizadas no módulo são soluções para os problemas apresentados na primeira versão.

A primeira versão do módulo possui limitações quanto ao desempenho de interface do usuário, limitando a usabilidade do módulo. Além de não possuir recursos capazes de reconhecer fórmulas externas para utilização interna, o módulo contém forte dependência de documentos XML, ocasionando limitações na inicialização do processo de derivação e utilização de regras.

As melhorias implementadas na nova versão do módulo contam com uma adaptação da interface, inclusão de novas regras, gamificação do módulo e integração na plataforma do Logic Live.

### **4.1 INTEGRAÇÃO DA GRAMÁTICA**

O GramLogic é uma gramática utilizada para substituir o processo manual de criação dos arquivos XML desempenhando um papel muito importante dentro do módulo. O módulo desenvolvido em estágio era dependente de arquivos XML criados de forma manual por usuários. O processo de derivação era iniciado com um arquivo XML, que continha a fórmula proposicional, avaliada estruturalmente pelo DTD. Tal processo de criação dos arquivos tornava o uso da ferramenta exaustivo, pois necessitava estruturar as fórmulas de acordo com as regras exigidas.

A utilização da gramática para criação de fórmulas proposicionais automatiza este processo, fornecendo ao usuário uma forma simples e fácil de criar uma infinidade de fórmulas proposicionais para utilizar durante a derivação. Com o uso da gramática, é possível processar as entradas de fórmulas dos usuários, validar a sintaxe dos textos de acordo com as regras gramaticais que foram definidas no Gramlogic. Após ser validado, é gerado automaticamente a estrutura XML representativa da fórmula seguindo as regras do DTD.

**Figura 17 - DTD do Documento XML.**

```
<!ELEMENT ARGUMENTO (PREMISSA*, CONCLUSAO)>
<!ELEMENT PREMISSA (LPRED | CONDICIONAL | DISJUNCAO | CONJUNCAO | BICONDICIONAL)>
<!ELEMENT CONCLUSAO (LPRED | CONDICIONAL | DISJUNCAO | CONJUNCAO | BICONDICIONAL)>
<!ELEMENT LPRED (PREDICATIVO)>
<!ELEMENT CONDICIONAL (ANTECEDENTE, CONSEQUENTE)>
<!ELEMENT DISJUNCAO (PRIM, SEG)>
<!ELEMENT CONJUNCAO (PRIM, SEG)>
<!ELEMENT BICONDICIONAL (PRIM, SEG)>
<!ELEMENT PREDICATIVO (#PCDATA)>
<!ELEMENT ANTECEDENTE (LPRED | CONDICIONAL | DISJUNCAO | CONJUNCAO | BICONDICIONAL)>
<!ELEMENT CONSEQUENTE (LPRED | CONDICIONAL | DISJUNCAO | CONJUNCAO | BICONDICIONAL)>
<!ELEMENT PRIM (LPRED | CONDICIONAL | DISJUNCAO | CONJUNCAO | BICONDICIONAL)>
<!ELEMENT SEG (LPRED | CONDICIONAL | DISJUNCAO | CONJUNCAO | BICONDICIONAL)>
<!ATTLIST LPRED
  NEGACAO CDATA #IMPLIED>
<!ATTLIST CONDICIONAL
  NEGACAO CDATA #IMPLIED>
<!ATTLIST DISJUNCAO
  NEGACAO CDATA #IMPLIED>
<!ATTLIST CONJUNCAO
  NEGACAO CDATA #IMPLIED>
<!ATTLIST BICONDICIONAL
  NEGACAO CDATA #IMPLIED>
```

Fonte: Brito, p.26, 2003 (com modificação)

O DTD utilizado, representado pela Figura (17), define um conjunto de regras de estrutura do XML. Segundo Brito (2003), inicialmente o ARGUMENTO é dado como elemento raiz, podendo conter zero ou mais PREMISSAS e obrigatoriamente uma CONCLUSÃO. Podendo ser composto por uma fórmula atômica (LPRED), um condicional (CONDICIONAL), uma disjunção (DISJUNCAO), uma conjunção (CONJUNCAO) ou por um bicondicional (BICONDICIONAL).

A fórmula atômica LPRED deve conter obrigatoriamente um PREDICATIVO do tipo ( #PCDATA). O (CONDICIONAL) contém, obrigatoriamente, dois elementos denominados (ANTECEDENTE) e (CONSEQUENTE), contendo o mesmo padrão de conclusão e premissa apresentadas anteriormente. Já disjunção (DISJUNCAO), conjunção (CONJUNCAO) e bicondicional (BICONDICIONAL) são constituídos pelos elementos PRIM e SEG, que seguem o mesmo padrão de conclusão e premissa.

Para negação dos predicados da fórmula proposicional é utilizado o atributo (NEGACAO), identificado como CDATA, palavra reservada do XML para identificar atributos do tipo caractere.

Figura 18 - Documento XML.

```
Fórmula: P → Q, P | - Q
<ARGUMENTO>
  <PREMISSA>
    <CONDICIONAL ID="0" NEG="" CONECTIVO=">">
      <ANTECEDENTE>
        <LPRED ID="1" NEG="">
          <PREDICATIVO>P</PREDICATIVO>
        </LPRED>
      </ANTECEDENTE>
      <CONSEQUENTE>
        <LPRED ID="2" NEG="">
          <PREDICATIVO>Q</PREDICATIVO>
        </LPRED>
      </CONSEQUENTE>
    </CONDICIONAL>
  </PREMISSA>
  <PREMISSA>
    <LPRED ID="3" NEG="">
      <PREDICATIVO>P</PREDICATIVO>
    </LPRED>
  </PREMISSA>
  <CONCLUSAO>
    <LPRED ID="4" NEG="">
      <PREDICATIVO>Q</PREDICATIVO>
    </LPRED>
  </CONCLUSAO>
</ARGUMENTO>
```

Com a fórmula "P→Q, P| - Q" representada na Figura 18, inserida corretamente de acordo com as regras estabelecidas pelo GramLogic, é gerada a mesma estrutura XML (Figura 18) definida pelo DTD no formato de *string*, em seguida, é enviado via requisição HTTP para o *Back-End* do Cálculo Proposicional que o transforma em um objeto do PHP para as próximas ações do módulo.

A integração da gramática tem seu papel fundamental tanto na fase inicial quanto no decorrer do módulo. Isso tornou possível a inicialização de diversas formulas proposicionais para o processo de derivação, e inclusão de formulas externas inseridas pelos usuários no processo de aplicação de determinadas regras.

Durante o processo de derivação, uma adaptação teve que ser realizada no GramLogic para que fosse possível o reconhecimento de inserções de fórmulas sem a necessidade de uma conclusão. Dessa forma, o usuário poderá utilizar desta funcionalidade para executar as regras de Introdução da Disjunção, Prova do Condicional e Redução ao Absurdo.

#### 4.2 ADAPTAÇÕES DO MÓDULO CÁLCULO PROPOSICIONAL

Nesta subseção serão apresentadas as modificações realizadas para melhoria da primeira versão do módulo do Cálculo Proposicional.

#### 4.2.1 Adaptação da interface

Na primeira versão do módulo (desenvolvido em estágio) a ação de escolha dos elementos da área de derivação era realizada através do preenchimento dos campos de texto “Linha 1” e “Linha 2” da Figura (19-B). Assim, o usuário digitava o índice das linhas desejadas e em seguida selecionava a caixa de seleção da regra para realizar uma derivação. A Figura (19-A) apresenta resultado da derivação, que é composto por índice, representação da instância, regra e linhas utilizadas. Os recursos fornecidos nesta versão são limitados e não fornecem as funcionalidades necessárias para realização de regras com mais de dois elementos, sendo o caso da regra “eliminação da disjunção”, e também impossibilita a inserção de novas fórmulas, como introdução da disjunção, hipótese PC e hipótese RAA.

**Figura 19 - Área de Derivação (Primeira Versão).**

The interface is titled "Fórmula" and contains a text input field with the formula  $\{P \rightarrow (Q \wedge R)\}, P \vdash (P \wedge Q)$ . Below this is a table with 6 rows, each representing a step in the derivation. A green circle labeled 'A' highlights the first row. Below the table is a panel labeled 'Linha 1:' and 'Linha 2:' with a list of logical rules. A blue circle labeled 'B' highlights the 'Linha 2:' field. At the bottom is an 'Aplicar' button.

Índice	Representação da Instância	Regra
1	$(P \rightarrow (Q \wedge R))$	p
2	P	p
3	$(Q \wedge R)$	1,2 mp
4	Q	3 ^E
5	R	3 ^E
6	$(P \wedge Q)$	2,4 ^I

Linha 1:  Linha 2:

- Modus Ponens
- Introdução da Disjunção
- Eliminação da Disjunção
- Introdução da Conjunção
- Eliminação da Conjunção
- Eliminação da Negação
- Introdução Bicondicional
- Eliminação Bicondicional
- Prova do Condicional
- Redução ao Absurdo

Aplicar

Na nova interface, a seleção dos elementos para a derivação é realizada através do *click* na área de apresentação representada na Figura (19-A). As seleções possuem um limite de até 3 seleções de linhas conforme a quantidade máxima utilizada por regras proposicionais. Ao selecionar, a linha desejada é marcada com a cor azul, para cancelar a seleção basta clicar novamente na linha selecionada.

Figura 20 - Área de Derivação (Nova Versão).

Fórmula		
$(P \rightarrow (Q \wedge R)), P \vdash (P \wedge Q)$		
1	$(P \rightarrow (Q \wedge R))$	p
2	P	p
3	$(Q \wedge R)$	1,2 mp
4	Q	3 ^E
5	R	3 ^E

- Modus Ponens
- Introdução da Disjunção
- Eliminação da Disjunção
- Introdução da Conjunção
- Eliminação da Conjunção
- Eliminação da Negação
- Introdução Bicondicional
- Eliminação Bicondicional
- Prova do Condicional
- Redução ao Absurdo
- Finalizar Hipotese

**Aplicar**

Após selecionar as linhas desejadas, para realizar uma derivação basta marcar a regra correspondente que instancie as linhas selecionadas, conforme mostra a representação da Figura (20-B), por exemplo, na regra de “introdução da conjunção”. Em seguida, é necessário clicar em “aplicar” para realizar a derivação. O resultado da instanciação gerada pela regra é apresentado na área de apresentação (Figura 20-A), podendo ser utilizada ao longo do processo de derivação.

#### 4.2.2 Adaptação da regra introdução da disjunção

Na regra de introdução da disjunção pode-se inferir a disjunção de uma fórmula válida com qualquer outra fórmula conforme exemplificado na subseção “2.1.1 regras de inferência”. No módulo antigo não houve formas e recursos para fornecer ao usuário a possibilidade de realizar inserções de fórmulas, tendo em vista que o processo de derivação era realizado através de um documento XML. Com base nisso,

houve a necessidade de criação de uma gramática que avaliasse as entradas do usuário e as convertesse para uma estrutura XML. Dessa forma, foi criada a adaptação do GramLogic, que é capaz de validar fórmulas proposicionais sem a necessidade de uma conclusão.

O GramLogic adaptado foi incluído na nova versão do módulo, assim o usuário consegue utilizar a regra de introdução da disjunção de forma correta e precisa.

Figura 21 - Utilização da regra Introdução da Disjunção.

The screenshot displays the configuration interface for the 'Introdução da Disjunção' rule. At the top, a yellow header bar contains the word 'Fórmula'. Below it, a white box shows the logical formula  $P \vdash (P \vee R)$ . A blue bar below that contains the text '1 P' on the left and 'p' on the right. Underneath, a section titled 'Predicativo para Disjunção:' features a text input field containing 'R|'. At the bottom, there is a list of logical rules with radio buttons, where 'Introdução da Disjunção' is selected. The other options include Modus Ponens, Eliminação da Negação, Introdução Bicondicional, Eliminação Bicondicional, Prova do Condicional, Redução ao Absurdo, Finalizar Hipotese, Eliminação da Disjunção, and Eliminação da Conjunção. A blue 'Aplicar' button is located at the bottom right of the interface.

Para utilizar a regra, o usuário deve selecionar a linha que deseja derivar (fórmula válida) e em seguida selecionar a regra de "introdução da disjunção". Com isso, é liberado um campo de texto para o usuário inserir qualquer fórmula para realizar a inserção conforme apresentado na Figura 21.

#### 4.3 REGRAS HIPOTÉTICAS DO CÁLCULO PROPOSICIONAL

As regras hipotéticas, assim como a regra de “introdução da disjunção”, necessitam que o usuário introduza uma fórmula proposicional através da adaptação do GramLogic. O usuário deve selecionar uma regra hipotética (Figura 22-A) e logo após a seleção, é disponibilizado ao usuário um campo de texto para introduzir a fórmula a ser provada, conforme representado na Figura (22-B).

Figura 22 - Inicialização de uma regra hipotética.

The interface consists of several sections:

- Fórmula:** A yellow header with the text "Fórmula" and a text input field containing the logical formula  $(P \rightarrow Q), (Q \rightarrow R) \vdash (P \rightarrow R)$ .
- Assumptions:** A list of two items:
  - 1  $(P \rightarrow Q)$  p
  - 2  $(Q \rightarrow R)$  p
- Predicativo para PC:** A text input field containing "P |" with a blue border and a circular button labeled "B" to its right.
- Rules:** A list of inference rules with radio buttons:
  - Modus Ponens
  - Introdução da Disjunção
  - Eliminação da Disjunção
  - Introdução da Conjunção
  - Eliminação da Conjunção
  - Eliminação da Negação
  - Introdução Bicondicional
  - Eliminação Bicondicional
  - Prova do Condicional
  - Redução ao Absurdo
  - Finalizar Hipotese
- Aplicar:** A blue button at the bottom center.

Para representar as áreas hipotéticas dentro da etapa de derivação, utiliza-se uma linha na horizontal identificando o início na inserção e decorre até a finalização da hipótese (Figura 23). Para finalizar a hipótese o usuário deve selecionar o início da hipótese (Figura 23-A) e o final (Figura 23-B), em seguida deverá marcar a opção de finalização da hipótese conforme representa a Figura (23-C).

Figura 23 - Regra hipotética (PC).

Fórmula			
$(P \rightarrow Q), (Q \rightarrow R) \vdash (P \rightarrow R)$			
	1	$(P \rightarrow Q)$	p
	2	$(Q \rightarrow R)$	p
<b>A</b>	3	P	Hip_PC
	4	Q	1,3 mp
<b>B</b>	5	R	2,4 mp

<input type="radio"/> Modus Ponens	<input type="radio"/> Eliminação da Negação
<input type="radio"/> Introdução da Disjunção	<input type="radio"/> Introdução Bicondicional
<input type="radio"/> Eliminação da Disjunção	<input type="radio"/> Eliminação Bicondicional
<input type="radio"/> Introdução da Conjunção	<input type="radio"/> Prova do Condicional
<input type="radio"/> Eliminação da Conjunção	<input type="radio"/> Redução ao Absurdo
	<input checked="" type="radio"/> Finalizar Hipotese

**Aplicar**

Após aplicar a regra, o módulo identifica o tipo da regra hipotética e aplica a finalização de acordo com a regra ativa. O tipo da regra é obtido a partir da identificação da abertura da hipótese representada na linha 3 da Figura (23-A). Através da indicação de abertura e fechamento, o módulo realiza a verificação de níveis, permitindo somente a finalização do mesmo nível.

Figura 24 - Regra hipotética (PC).

Fórmula		
$(P \rightarrow Q), (Q \rightarrow R) \vdash (P \rightarrow R)$		
1	$(P \rightarrow Q)$	p
2	$(Q \rightarrow R)$	p
3	P	Hip_PC
4	Q	1,3 mp
5	R	2,4 mp
6	$(P \rightarrow R)$	3-5 Hip-PC

Após a finalização da hipótese é realizado o decremento de nível, garantindo a continuidade natural do processo de derivação. Assim, também, é apresentado o resultado da instanciação gerada pela hipótese conforme mostrado na linha 6 da Figura 24.

Para que torne possível a utilização efetiva e representação visual das hipóteses, foi incluído um novo atributo na estrutura de derivação para controle das hipóteses. Com isso, é possível construir hipóteses encadeadas. Isso pode ser observado na Figura 25, na linha 3, em que foi aberta uma hipótese PC e em seguida na linha 4 foi realizada a abertura de outra hipótese PC.

Figura 25 - Hipótese Encadeada (PC).

Fórmula		
$(S \rightarrow Q), (Q \rightarrow J) \vdash (P \rightarrow (S \rightarrow J))$		
1	$(S \rightarrow Q)$	p
2	$(Q \rightarrow J)$	p
3	P	Hip_PC
4	S	Hip_PC
5	Q	1,4 mp
6	J	2,5 mp
7	$(S \rightarrow J)$	4-6 Hip-PC
8	$(P \rightarrow (S \rightarrow J))$	3-7 Hip-PC

Dessa forma, a apresentação das instâncias durante a etapa de prova deve estar no mesmo nível da última hipótese aberta, conforme apresentado no intervalo de linha 4-6. Com isso, mantém-se o controle das instâncias que pertencem à etapa hipotética ativa das demais áreas de derivação.

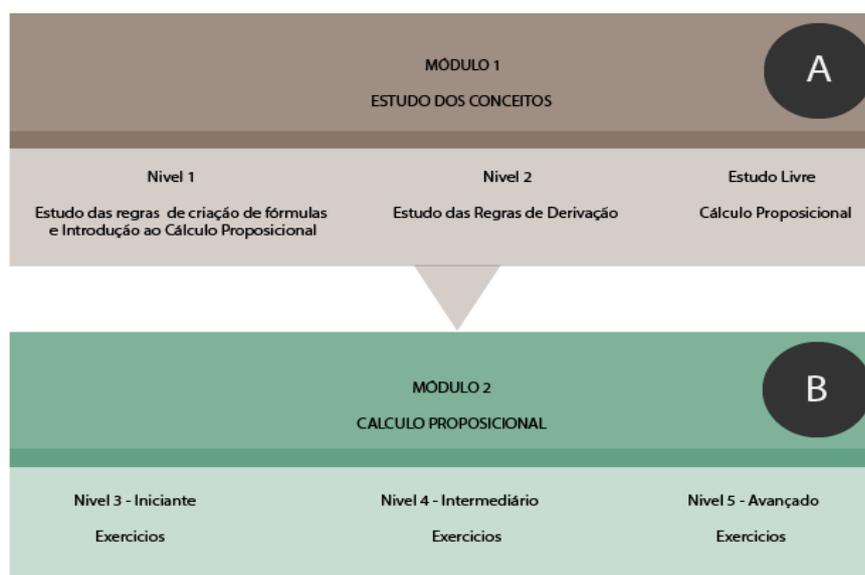
#### 4.4 GAMIFICAÇÃO DO MÓDULO CÁLCULO PROPOSICIONAL

Na etapa inicial da gamificação, o *framework* Educa3C (GOMES et al., 2019) orienta a definição do contexto e do domínio do sistema. Esta etapa é nomeada como “Cenário do Comportamento do Usuário”. Com base nas orientações foi realizado o estudo da estrutura do Módulo do Cálculo Proposicional desenvolvido em estágio para obtenção de conhecimento do contexto da aplicação. Com base neste estudo, foi identificado que o Módulo do Cálculo Proposicional visa auxiliar os acadêmicos dos cursos de Ciência da Computação, Engenharia de Software, Sistemas de Informação e Entusiastas da Lógica na compreensão dos conceitos da lógica formal no segmento do Cálculo Proposicional proporcionando engajamento e competitividade entre os usuários da plataforma.

O módulo foi projetado para simular o processo de derivação utilizado na metodologia de ensino e aprendizagem da especialista do domínio. Dessa forma, foi realizado a verificação de possíveis cenários para o Módulo e desenvolvimento da estrutura projetada para suprir os requisitos de gamificação. Conforme mostra a Figura 26, a estrutura projetada é composta por dois módulos, intitulados: Módulo 1 - Estudo dos Conceitos e Módulo 2 - Cálculo Proposicional. A partir de reuniões com a especialista do domínio da disciplina de Lógica de Predicados, foi definido que o Módulo 1 (Figura 26 - A) apresentará os conceitos necessários para execução das atividades do módulo.

Para isso, o Módulo 1 foi subdividido em três atividades, o Nível 1, intitulado “Estudo das regras de criação de fórmulas e introdução ao Cálculo Proposicional”, foi definido para apresentar os conceitos e regras de criação de fórmulas proposicionais para utilização no “Estudo Livre”, e apresentação da introdução ao Cálculo Proposicional. Já o Nível 2, intitulado “Estudo das regras de derivação”, apresentará os conceitos relacionados à utilização das regras de derivação do módulo do Cálculo Proposicional, bem como exemplificação de sua utilização na dedução de fórmulas. Já o Estudo Livre do cálculo proposicional fornece um ambiente onde os usuários possam praticar realizando derivações de uma infinidade de fórmulas proposicionais utilizando as regras de criação de fórmulas apresentadas no Nível 1.

**Figura 26 - Representação da Estrutura do Módulo Cálculo Proposicional.**



O módulo da estrutura (Figura 26 - A) foi projetado para conter um conjunto de exercícios que abrangem os conceitos relacionados ao cálculo proposicional e conta com uma área de derivação livre para que os usuários possam realizar derivações de uma diversidade de fórmulas a fim de exercitar os conceitos aprendidos no Módulo 1. Dessa forma o Módulo 2 (Figura 26 - B) foi subdividido em três níveis, sendo eles: Nível Iniciante, Nível Intermediário e Nível Avançado. Cada nível é composto por exercícios pré-definidos com auxílio da especialista do domínio em que cada exercício possui uma fórmula proposicional diferente para ser estudada e utilizada no processo de derivação.

#### 4.4.1 Segunda Dimensão: Comportamento do Usuário

De acordo com a segunda dimensão do Educa3C (GOMES et al., 2019), são destacadas duas etapas que propõe a identificação de possíveis comportamentos que poderão ser realizados por usuários no módulo, a primeira etapa tem a finalidade de identificar o “comportamento quanto a ação o usuário” e a segunda promove a identificação do “comportamento quanto a ação do usuário intermediada no pelo sistema”. Na primeira etapa foram identificados os seguintes comportamentos:

- Módulo 1, Estudo dos conceitos do Cálculo Proposicional:
  - Marcar como concluído o estudo dos conceitos apresentados nos níveis 1 e 2;
    - Estudo livre:
      - desistir do estudo dos exercícios 1 e 2;
      - criar uma fórmula para derivação;
      - deduzir Fórmulas da Lógica Proposicional;
      - selecionar os elementos da área de derivação;
      - aplicar as regras hipotéticas e não-hipotéticas de derivação do cálculo proposicional;
      - finalizar Hipóteses.
- Módulo 2, resolver os exercícios:
  - marcar como concluído a resolução dos exercícios dos níveis 3 a 5;
  - desistir dos exercícios criados pelo especialista do domínio;
  - refazer os exercícios criados pelo especialista do domínio;
  - selecionar os elementos da área de derivação;

- aplicar as regras não hipotéticas de derivação do cálculo proposicional;
- aplicar as regras hipotéticas de derivação do cálculo proposicional;
- finalizar Hipóteses;

Na etapa “comportamento quanto a ação do usuário intermediada no pelo sistema”, foi identificado o elemento de controle da pontuação de exercício capaz de estimular e manter os usuários motivados.

O recurso identificado engloba um conjunto de exercícios presentes nos módulos. Ao finalizar o exercício é realizada uma avaliação do desempenho do usuário na execução das atividades propostas, em seguida é realizada a atribuição da pontuação por conclusão dos exercícios.

#### .4.4.2 Terceira Dimensão: Variáveis Consequentes

A terceira dimensão apresenta duas etapas responsáveis por orientar na construção, avaliação das mecânicas e dinâmicas do módulo gamificado. Dessa forma, foram definidos na gamificação do módulo do cálculo proposicional alguns elementos da dinâmica, mecânica e componente presente em jogos. Como dinâmica foi escolhida a dinâmica de progressão, dessa forma o usuário poderá acompanhar seu progresso na medida que finaliza os exercícios.

Após definir a dinâmica, foi realizada uma análise e detalhamento das mecânicas seguindo as recomendações do Educa3C (GOMES et al., 2019). A mecânica fornece ao usuário *Feedback* sobre o progresso das atividades realizadas no módulo, o progresso do módulo é informado através elementos de interface como ícones e barras de progressos indicando ao usuário sua evolução e andamento das atividades.

Dessa forma, os níveis e exercícios são inicialmente bloqueados e o desbloqueio é realizado conforme o avanço do usuário ao concluir os exercícios. Para complementar as mecânicas do módulo, foi definida a mecânica de desafios, onde os exercícios de níveis mais altos têm seu grau de dificuldade maior. A contribuição destes mecanismos torna perceptível ao usuário sua evolução diante aos desafios propostos pelo avanço nos níveis dos exercícios.

Para tornar o progresso nos estudos mais gratificante foram estabelecidas recompensas para conclusão das atividades. O componente de pontuação promove um ambiente de competitividade entre os usuários da plataforma, quando interligados com a dinâmica de progressão e a mecânica de Feedback promove motivação e engajamento dos usuários. A tabela 5 apresenta as pontuações definidas no sistema.

**Tabela 5 - Definição das recompensas por comportamento.**

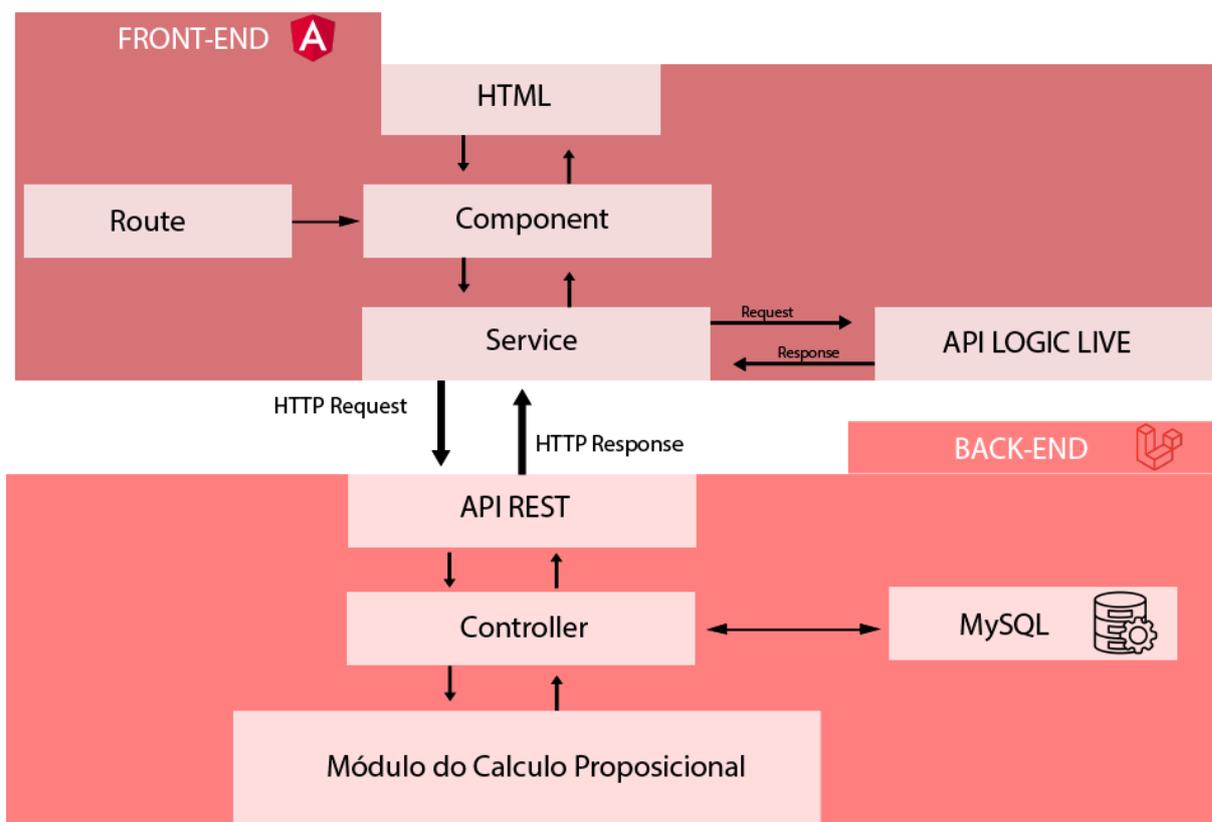
<b>COMPORTAMENTO</b>	<b>RECOMPENSAS</b>
Concluir exercício de estudo dos conceitos iniciais	50 pontos
Acertar exercício de fórmulas proposicionais Nível 3 - Iniciante	20 pontos
Acertar exercício de fórmulas proposicionais Nível 4 - Intermediário	30 pontos
Acertar exercício de fórmulas proposicionais Nível 5 - Avançado	40 pontos
Concluir um nível Iniciante	90 pontos
Concluir um nível Intermediário	100 pontos
Concluir um nível Avançado	130 pontos
Concluir um módulo	180 pontos

A tabela 5 apresenta as recompensas definidas por comportamento, onde foi realizada a associação dos elementos com as devidas pontuações de acordo com a dificuldade dos exercícios e a importância do comportamento para o progresso de aprendizagem no módulo. Os pontos foram distribuídos de forma estratégica beneficiando o usuário pela conclusão dos exercícios e do nível que é finalizado automaticamente após a resolução de todos os exercícios presentes no mesmo. A classificação de pontos é disponibilizada para todos os usuários, ao logar na plataforma é apresentada a classificação do usuário logado, para que possa acompanhar seu próprio ranking, e em seguida é apresentado o *ranking* dos três usuários que mais pontuaram.

#### 4.5 DESENVOLVIMENTO DO MÓDULO CÁLCULO PROPOSICIONAL

O módulo desenvolvido foi dividido em duas aplicações distintas: *Back-End* e *Front-End*. O *Back-End* foi desenvolvido utilizando o *framework* Laravel. Com os recursos da API Rest fornecida por esse *framework*, foi realizada a integração com o *Front-End* do módulo. Já o *Front-End* foi desenvolvido utilizando o *framework* Angular. Uma representação da arquitetura do módulo pode ser facilmente entendida conforme apresentado na Figura 27.

Figura 27 - Arquitetura do Módulo Cálculo Proposicional.



A Figura 27 apresenta a arquitetura do Módulo Cálculo Proposicional gamificado. O fluxo de execução do *Front-End* é iniciado a partir do *route*, que é responsável por associar uma rota a um componente. Ao acessar uma url é realizada a análise da rota, direcionando-a para o componente responsável. Os componentes são responsáveis pela interação usuário e aplicação. Dessa forma, utiliza-se o *html* para proporcionar ao usuário uma área visual de interação. Cada ação realizada pelo usuário é passada para o componente onde é realizada toda a lógica de execução da aplicação. O *service* representa um conjunto de serviços responsáveis pela troca de informações com os *Back-Ends* através das APIs fornecidas tanto pelo módulo do Cálculo Proposicional quanto pela plataforma Logic Live. Assim, torna-se possível

trocar informações e realizar todas as ações necessárias para execução das atividades.

O *Back-End* do módulo do Cálculo Proposicional recebe a requisição do *Front-End* através de uma *api rest*. A partir disso, a requisição é direcionada para o *controller* responsável para trabalhar com a requisição do cliente. Com isso, nos exercícios pré-definidos, os dados do usuário e do exercício são passados via requisição, possibilitando que o *controller* faça a validação. Em seguida é feita uma consulta no banco de dados para obter a fórmula proposicional para iniciar o processo de derivação. Com a obtenção da fórmula, é delegado para o *controller* do cálculo proposicional realizar os devidos tratamentos e retornar ao cliente um *json* de resposta.

Após o módulo do cálculo proposicional retornar uma resposta (*response*) de confirmação de conclusão do exercício, o *Front-End* realiza os tratamentos para finalização do exercício de acordo com a ação escolhida pelo usuário. A finalização do exercício ocorre após o envio de confirmação por meio do *service* responsável pela comunicação com a *api* do Logic Live.

#### 4.6 APRESENTAÇÃO DA INTERFACE DOS EXERCÍCIOS

Nesta seção serão apresentados os dois módulos do cálculo proposicional desenvolvidos e baseados no modelo de gamificação do *framework* Educa3C, conforme apresentado anteriormente na subseção 4.4. A Figura abaixo apresenta os dois módulos criados na plataforma.

**Figura 28 - Módulos do Módulo Cálculo Proposicional.**



A Figura 28 apresenta os módulos de “Estudo dos Conceitos” e “Cálculo Proposicional”. O módulo estudo dos conceitos apresenta os conceitos necessários para utilizar os recursos fornecidos pelo módulo do cálculo proposicional.

**Figura 29 - Exercícios do módulo de Estudo dos Conceitos.**

The screenshot displays the Logic Live application interface. On the left, a blue sidebar contains the user's profile information: a position of 87, a score of 55 points, and a 'TOP 3' ranking. The top three users are listed as follows:

Nome	Pontos
douglas.reges	1256.5 pontos
viniciusfelipeff	1235.5 pontos
victordovs	1170.5 pontos

The main content area on the right shows a list of exercises under the heading 'Níveis'. The first exercise is 'Nível 1 - Estudo das regras de criação de fórmulas e Introdução ao Cálculo Proposicional', with a sub-entry 'Exercicio 1 - Nível 1' marked as 'Concluído'. The second exercise is 'Nível 2 - Estudo das regras de derivação', with a sub-entry 'Exercicio 1 - Nível 1' marked as completed with a green checkmark. The third section is 'Estudo Livre', with a sub-entry 'Cálculo Proposicional - Estudo Livre' also marked as completed with a green checkmark. The user's name 'nalberthy' and a profile icon are visible in the top right corner.

A Figura 29 apresenta os exercícios do módulo de Estudo dos Conceitos, sendo os dois primeiros exercícios “Nível 1” e “Nível 2” focados na apresentação inicial necessária para realizar as derivações do cálculo proposicional. Já o último exercício do módulo disponibiliza uma área livre para o usuário treinar derivações de uma infinidade de fórmulas.

**Figura 30 - Estudo das regras de criação de fórmulas e Introdução ao Cálculo Proposicional.**

The screenshot shows the 'LOGIC LIVE' application interface. On the left sidebar, the user's position is 87 and their score is 55 points. The 'TOP 3' leaderboard lists:

- douglas.reges**: 1256.5 pontos
- viniciusfelipeff**: 1235.5 pontos
- victordovs**: 1170.5 pontos

The main content area is titled 'Estudo - Criação de Formulas Para Derivação Livre'. It contains the following text:

Os **conectivos lógicos** abaixo são utilizados no módulo para representação de fórmulas proposicionais. Para representar uma fórmula, deve-se utilizar os conectivos listados abaixo.

Operação	Conectivos	Estrutura Lógica
Negação	~	~P
Conjunção	^	P^Q
Disjunção	v	PvQ
Conjunção	->	P->Q
Bicondicional	<->	P<->Q

A **negação** pode ser utilizada para negar uma premissa ou uma fórmula relacionadas por conectivos. Neste caso os parênteses são utilizados para organizar a sequência de prioridade da fórmula aplicada. Ou seja, para negar uma fórmula relacionada a conectivo deve utilizar obrigatoriamente parênteses conforme apresentado na tabela abaixo.

Negação de Predicados	Negação de Predicados Relacionados por Conectivos

Na Figura 30 é apresentada parte da primeira temática do módulo “Estudo dos Conceitos”, em que são trabalhados os conceitos iniciais de criação de fórmulas proposicionais para utilização na área livre de derivação, também são trabalhados os conceitos de introdução do cálculo proposicional. Após finalizar os estudos dos

conceitos, o usuário pode informar ao Logic Live clicando no botão “Concluir”, dessa forma o exercício é finalizado e atribuído pontuação para o jogador.

Figura 31 - Estudo Livre.

The screenshot displays the Logic Live interface for a propositional logic exercise. On the left, a blue sidebar shows the user's profile with the name 'nalberthy' and a score of 59 points. The main area is titled 'Cálculo Proposicional - Estudo Livre' and features a formula input field containing 'P->Q,P|-Q' and an 'Inicializar' button. Below the input field, a yellow box labeled 'Fórmula' contains the expression '(P → Q), P |- Q'. A table lists three assumptions:

1	(P → Q)	p
2	P	p
3	Q	1,2 mp

Below the table, a list of inference rules is provided, each with an unselected radio button:

- Modus Ponens
- Introdução da Disjunção
- Eliminação da Disjunção
- Introdução da Conjunção
- Eliminação da Conjunção
- Eliminação da Negação
- Introdução Bicondicional
- Eliminação Bicondicional
- Prova do Condicional
- Redução ao Absurdo
- Finalizar Hipotese

An 'Aplicar' button is located at the bottom of the interface.

A Figura 31 apresenta o exercício de estudo livre do módulo de “Estudo dos Conceitos”. Este exercício tem como objetivo disponibilizar um ambiente para que os usuários possam praticar a partir das fórmulas inseridas de acordo com os conceitos aprendidos. Vale ressaltar que esse tópico de estudo livre não aplica recompensas por finalização da derivação de fórmulas.

Figura 32 - Níveis de exercício do módulo Cálculo Proposicional.

The screenshot displays the 'Logic Live' application interface. On the left, a blue sidebar contains the user's profile information: 'LOGIC LIVE' logo, '1ª POSIÇÃO: 87', and 'PONTUAÇÃO: 55 PONTOS'. Below this is a 'TOP 3' section with a list of three users: 'douglas.reges' (1256.5 pontos), 'viniciusfelipeff' (1235.5 pontos), and 'victordovs' (1170.5 pontos). The main content area on the right is titled 'Níveis' and shows three levels of exercises: 'Nível 3 - Iniciante', 'Nível 4 - Intermediário', and 'Nível 5 - Avançado'. Each level has a corresponding 'Exercício 1' which is currently locked, indicated by a green padlock icon.

A Figura 32 apresenta os níveis de acordo com o grau de dificuldade. Cada categoria (nível) comporta um conjunto de exercícios que são definidos juntamente com a especialista do domínio. Vale ressaltar que na figura 32 não foram incluídos todos os exercícios, pois exige um processo de elaboração e categorização de fórmulas proposicionais de acordo com o grau de dificuldade.

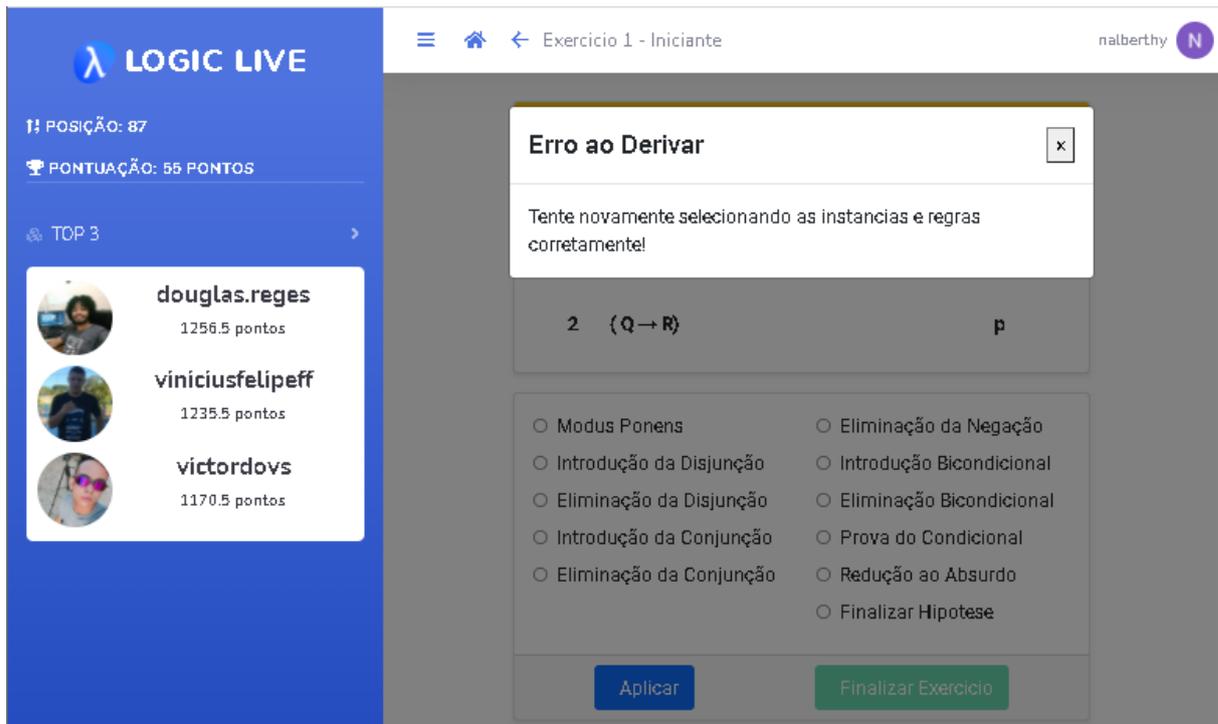
Figura 33- Exercício do módulo Cálculo Proposicional

The screenshot shows the Logic Live interface for a propositional logic exercise. The interface is divided into three main sections:

- Left Sidebar (User Profile and Leaderboard):**
  - Logo: LOGIC LIVE
  - Position: 1ª POSIÇÃO: 87
  - Score: PONTUAÇÃO: 55 PONTOS
  - TOP 3 Leaderboard:
    - douglas.reges: 1256.5 pontos
    - viniciusfelipeff: 1235.5 pontos
    - victordovs: 1170.5 pontos
- Main Workspace (Exercise Solution Area):**
  - Header: Fórmula
  - Formula (A):  $(P \rightarrow Q), (Q \rightarrow R) \vdash (P \rightarrow R)$
  - Premises (B):
    - 1  $(P \rightarrow Q)$  p
    - 2  $(Q \rightarrow R)$  p
  - Inference Rules (C):
    - Modus Ponens
    - Introdução da Disjunção
    - Eliminação da Disjunção
    - Introdução da Conjunção
    - Eliminação da Conjunção
    - Eliminação da Negação
    - Introdução Bicondicional
    - Eliminação Bicondicional
    - Prova do Condicional
    - Redução ao Absurdo
    - Finalizar Hipotese
  - Buttons: Aplicar (blue), Finalizar Exercício (green)

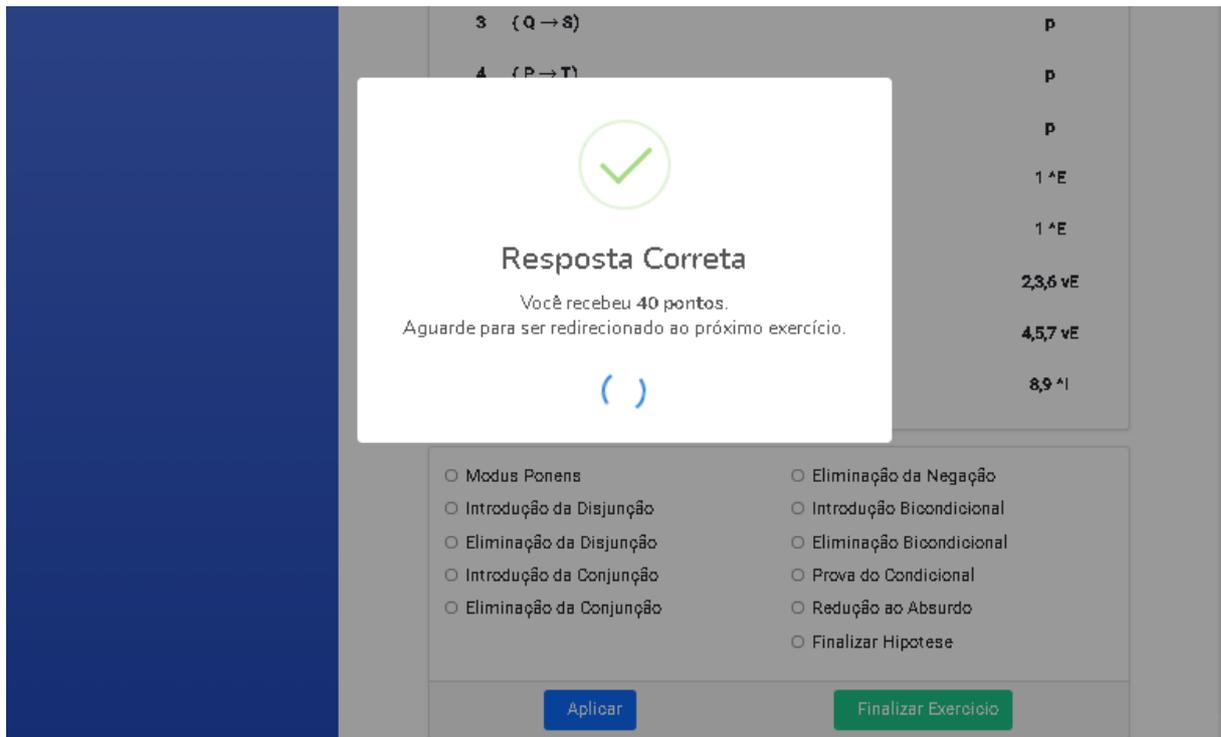
A Figura 33 representa a área de resolução de exercícios pré-cadastrados no módulo do cálculo proposicional. Dessa forma, é apresentado ao usuário a fórmula (Figura 33-A) para realizar a derivação. Na área de apresentação dos resultados (Figura 33-B) da instanciação, são apresentadas as premissas para dar início ao processo de prova através das deduções, para isso utiliza-se as dez regras de inferência do Cálculo Proposicional (Figura 33-C).

Figura 34 - Feedback de Erro.



Durante o processo de prova, caso ocorra erro por parte do usuário na aplicação da regra, o módulo informa ao usuário para que seja realizado a verificação e derivação de forma correta, conforme apresentado na Figura 34. Os *feedbacks* passados aos usuários não penalizam sua pontuação.

**Figura 35 - Finalização de Exercício.**



Ao atingir a conclusão é liberado ao usuário o botão de finalização do exercício. Ao clicar em finalizar é realizada a atribuição de pontos de acordo com a pontuação definida no desafio proposto, conforme apresenta a Figura 35. Em seguida, o usuário é redirecionado para o próximo desafio, seguindo o fluxo de progressão, quanto mais o usuário avança na conclusão dos exercícios, o grau de dificuldade vai aumentando.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para conduzir de forma eficiente o desenvolvimento do módulo do cálculo proposicional, foi necessário redefinir a estrutura da primeira versão do módulo. As melhorias implementadas na segunda versão contam com reajustes na interface de apresentação do cálculo proposicional, que permitiu ao usuário interagir com a ferramenta de forma simples e dinâmica a partir do uso do mouse.

A integração da gramática para validação de fórmulas foi um recurso importante para o módulo gamificado, alcançando resultados positivos quanto ao processo de aquisição das fórmulas proposicionais. Isso possibilitou ao usuário a flexibilidade de derivar uma infinidade de fórmulas através do módulo livre e inserir fórmulas proposicionais nas regras de “introdução da disjunção”, “hipótese PC” e “hipótese RAA” durante o processo de derivação. Outro recurso importante desenvolvido está relacionado à inclusão das regras hipotéticas ausentes na primeira versão conforme apresentado na subseção 4.3.

O *framework* Educa3C foi fundamental para o direcionamento da gamificação do módulo. As orientações auxiliaram nos processos a serem adotados e permitiu a escolha da dinâmica, elementos de jogos e comportamento do sistema para alcançar os resultados esperados.

O desenvolvimento do módulo foi realizado de forma sequencial, assim foi realizada a modelagem geral do sistema e em seguida foi desenvolvido o back-end do módulo. A etapa visual do módulo foi desenvolvida em paralelo com a integração na plataforma Logic Live. Nesta etapa, o desenvolvimento paralelo permitiu a visualização dos resultados obtidos em um curto período de tempo.

Como trabalhos futuros, pode ser implementada uma área de gerenciamento de exercícios para o Logic Live. Para tanto, será necessário mudar a estrutura interna para armazenar todos os dados pertinentes ao exercício e controlar o gerenciamento do usuário interno. Poderá ainda ser trabalhado informações de feedback, para isso, será necessário à validação de todas as tentativas de derivações possíveis para retornar um feedback preciso. Também poderá ser implementado melhorias nas etapas de derivação, como permitir ao usuário desfazer etapas de derivação.

## REFERÊNCIAS

BRASIL, Ministério da Educação. Secretaria de Educação Superior. **Diretrizes Curriculares Nacionais para os cursos de graduação em Computação**. Brasília, 2012. Disponível em: <[http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com\\_docman&view=download&alias=11205-pces136-11-pdf&category\\_slug=julho-2012-pdf&Itemid=30192](http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=11205-pces136-11-pdf&category_slug=julho-2012-pdf&Itemid=30192)>

BRITO, Parcilene Fernandes de. **Dedução Automática por Tableaux estruturada em XML**. 2003. 123 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência da Computação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/84615>>.

BUNCHBALL, Gamification 101: **An Introduction to Game Dynamics**, 2016. Disponível em: <<https://www.healthstream.com/docs/default-source/default-document-library/white-paper--bunchball-gamification.pdf?sfvrsn=2>>. Acesso em: 20 jun. 2020.

CHOU, Yu-Kai. **Actionable gamification: Beyond points, badges, and leaderboards**. Octalysis Group, 2015. 501 p.

COSTA, Amanda Cristina Santos; MARCHIORI, Patrícia Zeni. **Gamificação, elementos de jogos e estratégia: uma matriz de referência**. Incid: Revista de Ciência da Informação e Documentação, [s.l.], v. 6, n. 2, p.44-65, 2 out. 2015. Universidade de São Paulo Sistema Integrado de Bibliotecas - SIBiUSP. <http://dx.doi.org/10.11606/issn.2178-2075.v6i2p44-65>. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/incid/article/view/89912>>. Acesso em: 20 jun. 2020.

FARDO, M. L. **A gamificação aplicada em ambientes de aprendizagem**. Cinted-UFRGS, V. 11 Nº 1, 2013.

GOMES, Fernanda Pereira et al. Educa3C: **Framework para design da gamificação baseado na Triplice Contingência da Análise Comportamental**. In: Simpósio Brasileiro de Games e Entretenimento Digital (SBGames). Rio de Janeiro, 2019. Anais. Rio de Janeiro: Sociedade

Brasileira de computação (SBC), 2019. Disponível em: <<https://www.sbgames.org/sbgames2019/files/papers/EducacaoShort/198395.pdf>>;

GRIFFIN, Daniel. **Gamification in E-Learning**. Ashridge Business School, 2014. Disponível em: <<http://www.ashridge.org.uk/Website/Content.nsf/wELNVLR/Resources:+Gamification+in+e-Learning?opendocument>>. Acesso em: 20 jun. 2020.

Kiryakova, G.; Angelova, N.; Yordanova, L. **Gamification in education**. Proceedings of 9th international balkan education and science conference, 2014. Disponível em: <<https://www.sun.ac.za/english/learning-teaching/ctl/Documents/Gamification%20in%20education.pdf>>. Acesso em: 21 jun. 2020.

MENEZES, Graciela Sardo et al. Reforço e Recompensa: **a Gamificação tratada sob uma abordagem behaviorista**. Projetica. Londrina, p. 09-18. 18 dez. 2014.

NOLT, John; ROHATYN, Dennis. **Lógica**. São Paulo: Mcgraw-Hill, 1991. 596 p. Disponível em: <<https://racionalistasusp.files.wordpress.com/2010/01/nolt-john-rohatyn-dennis-lc3b3gica.pdf>>;

Salcu, Adrian Vicentiu; Carmen Acatrinei. "**Gamification applied in affiliate marketing. Case study of 2Parale.**" Management & Marketing 8.4, 2013. Disponível em: <<https://search.proquest.com/openview/bbc88b438785d18c63679ee7ffddee42/1?pq-origsite=gscholar&cbl=226548>>. Acesso em: 21 jun. 2020.

SILVA, Nalberthy Sousa. **DESENVOLVIMENTO DO MÓDULO DO CÁLCULO PROPOSICIONAL PARA LOGIC LIVE**. 2019, Centro Universitário Luterano de Palmas (Ceulp/Ulbra).

VIANNA, Ysmar et al. **Gamification, Inc.: como reinventar empresas a partir de jogos**. Rio de Janeiro: Mjv Press, 2013. 116 p.

WERBACH, K.; HUNTER, D. **For the win: how game thinking can revolutionize your business**. Philadelphia: Wharton Digital Press, 2012.