

DIGITAL HEIST: UM JOGO ANALÓGICO PARA ENSINO DE CIRCUITOS DIGITAIS.

Bruno Rodrigues de Alves Bezerra – brunokr@outlook.com
Universidade de Fortaleza
Av. Washington Soares, 1321
60811-905 – Fortaleza – Ceará

Atila Girão de Oliveira – atilagirao@unifor.br
Universidade de Fortaleza
Av. Washington Soares, 1321
60811-905 – Fortaleza – Ceará

Edson Holanda Teixeira Junior – edsonholada@edu.unifor.br
Universidade de Fortaleza
Av. Washington Soares, 1321
60811-905 – Fortaleza – Ceará

Resumo: Este artigo apresenta um jogo de cartas didático criado por alunos e professores para ser usado em disciplinas introdutórias de circuitos digitais. No artigo, são detalhados todos os elementos do jogo: regras, circuito, cenário e cartas, de forma que qualquer leitor interessado possa replicá-lo de forma integral, ou adaptá-lo. No período da escrita deste artigo, o jogo se encontra em fase de testes e ajustes. Foram feitas três partidas com diferentes grupos de alunos que já haviam cursado a disciplina para fazer uma observação do efeito causado pelo jogo nos participantes, em termos de interesse e de satisfação. Os resultados são apresentados na perspectiva dos autores, que observaram forte interesse dos alunos em participar da fase de testes do jogo e um forte engajamento durante jogo. Os autores também destacam que o processo de criação foi rico para todas as partes envolvidas, pois promoveu trabalho equipe, encontro de gerações, devido a diferença de idade entre alunos e professor, e planejamento, além de desenvolver habilidade escrita científica ao transformar a experiência em um artigo.

Palavras-chave: Jogos educacionais. Circuitos digitais. Gamificação.

1 INTRODUÇÃO

A importância e o poder de engajamento dos jogos como uma potente ferramenta para mudar nossa realidade para melhor é defendida por (MCGONIGAL, 2012). Dado tamanho potencial dos jogos para manter pessoas engajadas, alguns elementos comuns a jogos passaram a ser usados nas mais diversas áreas para conseguir aumento da motivação de clientes em relação a serviços diversos, como sites de compra e venda, aplicativos de música, etc. Os elementos mais clássicos são aqueles que dão sensação de recompensa por superar desafios, como Emblemas (*Badges*) e barras de progresso. No entanto, os designers de jogos vão muito além, explorando elementos de *feedback*, de desafios, mecanismos psicológicos, dentre outros. Na área educacional, vários professores têm criado métodos de ensino baseados nos elementos de jogos, como por exemplo Quandt *et al* (2018), que desenvolveu um jogo educativo para auxiliar no ensino de conceitos de Sistemas Operacionais, ou Xavier e Xavier (2018), que criaram jogos para auxiliar no ensino de derivadas no cálculo diferencial, ou ainda Santos *et al* (2017) que utilizaram jogos para auxiliar no ensino da química. A lista é imensa e abrange as mais diversas áreas. Basta acessar os anais de qualquer congresso na área de educação e pesquisar pela palavra chave Jogos e a lista será extensa.

O jogo apresentado por este trabalho utiliza cartas impressas e um tabuleiro digital, que consiste em circuitos lógicos simulados no software Multisim[®] Versão 12.0. Para jogar é necessário abrir o circuito simulado e, de preferência, projetá-lo para uma melhor visualização. Quando os jogadores jogam suas cartas, buscando a vitória, as entradas do circuito se modificam, fazendo com que o resultado mude. Para ir bem nesse jogo, é necessário uma boa estratégia e um bom conhecimento em circuitos lógicos. Espera-se contribuir com professores e estudantes de cursos de engenharia e de computação que queiram utilizar o potencial de engajamento dos jogos e trazer uma nova experiência no processo de aprendizagem. Dessa forma, nosso objetivo é detalhar todo o jogo e mostrar a percepção dos alunos que o jogaram em relação a esta experiência. Espera-se que, com a descrição aqui apresentada, seja possível replicar o jogo sem dificuldades. Links para acessar as cartas e o circuito são fornecidos na seção 2.

2 O JOGO: DIGITAL HEIST

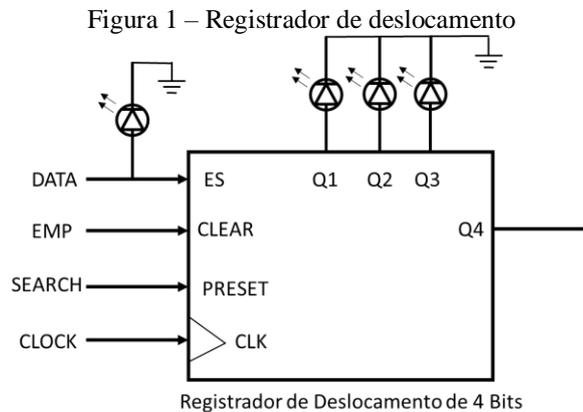
O Jogo se chama Digital Heist, é jogado por quatro equipes, que usam de cartas para modificar os valores do circuito e tentar acumular pontos para vencer os adversários. O jogo foi pensado para ser usado em turmas de até 20 alunos, em que cada equipe teria 5 integrantes. Esta seção está dividida da seguinte forma, primeiro será descrito o cenário do jogo, seus componentes e como foram implementados em forma de circuito digital. Na seção seguinte, serão dados outros detalhes do circuito, de forma que possa ser replicado. Por último serão explicadas as regras de jogo e dados os links para acesso às cartas, que podem ser impressas em papel fotográfico em impressora a cores para obter uma boa qualidade das imagens e textos.

2.1 Cenário do Jogo

Em um cenário futurista Cyberpunk, quatro grupos de Hackers tentam coletar informações valiosas de uma poderosa empresa de tecnologia. O grupo que conseguir reunir toda a informação que precisa, nem mais, nem menos, poderá assumir controle das operações do *submundo* e eliminar as concorrentes.

O circuito simulado é composto por 5 blocos de circuitos digitais e displays de 7-segmentos.

Database (Registrador de Deslocamento de 4 Bits)



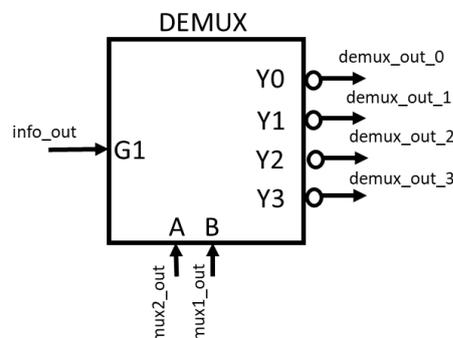
Fonte: Dados dos autores.

O Bloco Database representa o banco de dados que contém as informações disputadas pelos grupos de Hackers. Cada grupo irá usar os recursos que estiverem à sua disposição para retirar o máximo de informação da Database a cada rodada. Várias cartas do jogo irão afetar este bloco, seja para acelerar a captura de informações do grupo, seja para atrapalhar a captura de informações do grupo concorrente.

No circuito o *Database* é um registrador de deslocamento de quatro bits. No diagrama de blocos da figura X é possível observar 4 entradas para este componente. A entrada ES (entrada serial) recebe o bit de jogo chamado DATA. Este bit será introduzido no registrador a cada pulso de clock. O bloco também tem uma entrada de clear para limpar todos os dados simultaneamente. No jogo o bit que controla essa entrada é o EMP. O bit de Preset, que *seta* todos os bits do registrador são ativados pelo bit de jogo chamado SEARCH. As saídas paralelas do registrador foram ligadas em indicadores luminosos para que seja possível visualizar os bits armazenados. A saída serial, INFO_OUT, é ligada a entrada do circuito demultiplexador. Na simulação, este bloco foi construído utilizando dois CIs 7474.

Server (Demultiplexador 1 para 4)

Figura 2 – Demultiplexador de 4 bits.



Fonte: Dados dos autores.

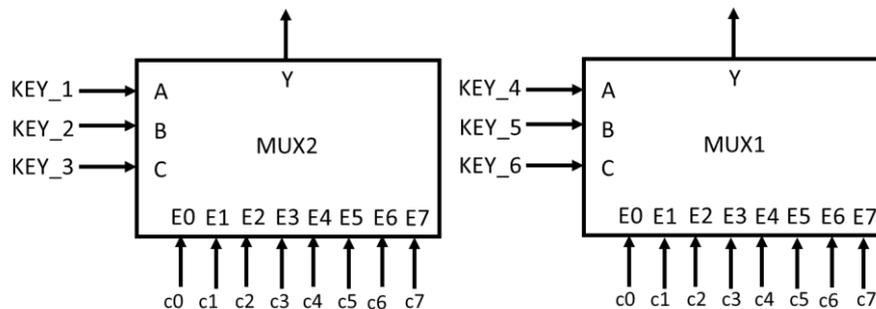
O bloco Server funcionará como ponte entre as informações do bloco Database e os grupos de Hackers. Nenhuma ação de jogo afetará este bloco diretamente, no entanto, todas as

ações feitas em outros blocos terão um impacto indireto sobre ele. Todas as informações roubadas pelos grupos de Hackers passam por este bloco.

Para este circuito, como se pode observar no diagrama de blocos, tem-se 3 entradas. A entrada G1 recebe seu dado da saída INFO_OUT do registrador de deslocamento. As entradas de seleção A e B recebem os comandos dos multiplexadores. Cada saída servirá para habilitar ou desabilitar o Contador UP/DOWN da respectiva equipe. Outro sinal que também tem essa função é o Disconnect, portanto, é feita uma lógica OR com ambos e a saída da porta OR é conectada à entrada Enable do bloco contador. Um indicador luminoso também foi ligado a cada saída do Demultiplexador para que seja possível visualizar os bits presentes nessas saídas. Na simulação, o bloco demultiplexador foi implementado através do CI 74138.

Mainframe (Dois Multiplexadores 8 para 1)

Figura 3 – Mainframe usado no jogo.



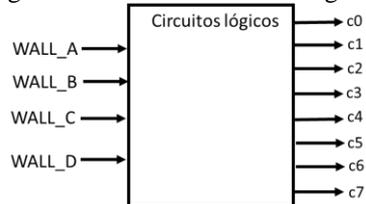
Fonte: Dados dos pesquisadores.

O bloco Mainframe será afetado pelas cartas do tipo Engenharia Social. Ao mudar as configurações do Mainframe, indiretamente, você também altera o Server, endereçando algum grupo diferente de Hackers.

No circuito, o Mainframe foi construído com dois multiplexadores 8 para 1 que foram ligados em paralelo para formar um multiplexador 8 para 1 de 2 bits. No entanto, para dar mais opções de ação no jogo, as entradas de seleção de cada multiplexador foram mantidas separadas. As entradas de dados dos multiplexadores recebem seus dados das saídas dos Circuitos Lógicos. Já as entradas de seleção são controladas pelas ações dos jogadores através dos bits de jogo nomeados como Key_1, Key_2, Key_3, Key_4, Key_5, Key_6. As saídas dos Multiplexadores estão ligadas aos bits de seleção do Demultiplexador. Dessa forma, ao alterar os bits Key, pode-se alterar a equipe que receberá o bit do Registrador de Deslocamento no final da rodada. Nas saídas, também foram colocados indicadores luminosos para indicar qual a equipe que está sendo endereçada pelo Demux. Na simulação, os Multiplexadores foram implementados através de dois CIs 74151.

Firewall (Circuitos Lógicos)

Figura 4 – Bloco de circuitos lógicos.



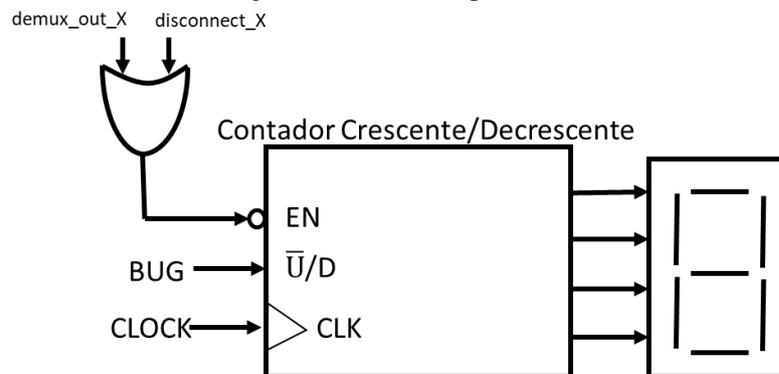
Fonte: Dados dos autores.

O bloco Firewall será afetado pelas cartas do tipo Invasão. Ao mudar as configurações do Firewall, indiretamente, as configurações do Mainframe serão alteradas e, conseqüentemente, as configurações do Server também serão, fazendo com que um novo grupo de Hackers seja endereçado.

O circuito é composto de 4 entradas e 8 saídas. As entradas são controladas pelos bits de jogo WALL_A, WALL_B, WALL_C e WALL_D. Sua composição interna é dada tanto por circuitos combinacionais quanto por circuitos sequenciais, a ideia deles no jogo é serem circuitos que devem ser analisados com conhecimentos da disciplina a fim de entender seu funcionamento. Na simulação este bloco foi implementado por portas lógicas virtuais AND, OR, NAND, NOR, XOR, XNOR.

Grupo Hacker (Contador Crescente/Decrescente)

Figura 5 – Contador Up/Down.



Fonte: Dados dos autores.

O acúmulo de dados de cada grupo é contabilizado no bloco referente ao seu grupo. Para implementar a contagem dos pontos no jogo, foi usado um contador UP/DOWN, no qual sua função de parar a contagem foi utilizada na metodologia de DISCONNECT do jogo e sua entrada UP/DOWN foi utilizada para implementar a função de BUG, ambas explicadas na sub-seção de Bits de jogo.

Displays de 7 Segmentos

Figura 6 – Display de 7 segmentos.



Fonte: Dados dos autores.

Para facilitar a visualização dos bits do jogo, foram utilizados displays de 7 segmentos para fazer uma representação octal e hexadecimal dos mesmos, tal alteração facilita na resolução do jogo, podendo ser usada uma quantidade de caracteres reduzidos para representar as combinações de bits.

As Cartas

Cartas de Engenharia Social: possuem a cor vermelha. Mudam os bits de endereçamento, que são aqueles ligados diretamente ao *Mainframe* e são nomeados como *KEY_1*, *KEY_2*, *KEY_3*, *KEY_4*, *KEY_5*, *KEY_6*. Existem sete cartas de Engenharia social que mudam apenas 1 bit e mais 7 que mudam dois bits de uma vez. Cada carta de engenharia social tem um número que indica o seu valor. Só é possível jogar uma nova carta se ela tiver um valor igual ou superior a carta do topo da pilha. Total de 14 cartas de Engenharia Social.

Cartas de Invasão: possuem a cor azul. Mudam os bits de dados, que são aqueles ligados diretamente ao *Firewall* e são nomeados como *WALL_A*, *WALL_B*, *WALL_C*, *WALL_D*. Existem 4 cartas que mudam apenas 1 bit, quatro cartas que mudam 2 bits, quatro cartas que mudam 3 bits e quatro cartas que mudam 4 bits. Cada carta de *Invasão* tem um número que indica o seu valor. Só é possível jogar uma nova carta se ela tiver um valor igual ou superior a carta do topo da pilha. Total de 16 cartas de Invasão.

Cartas Coringa: possuem a cor roxa. As cartas coringa podem mudar o valor de qualquer bit do jogo. Isso dá acesso a alterar qualquer configuração de qualquer bloco em que haja bits controláveis, mesmo aqueles que não poderiam ser acessados por nenhuma outra carta. Total de 6 cartas Coringa.

Cartas de *Information Change*: possuem a cor roxa. São cartas de efeito rápido. São usadas para mudar o bit *DATA* do *DATABASE*. Além disso, sempre que são compradas em uma rodada, devem ser mostradas e mudam o valor do bit base instantaneamente. Após ser revelada, a equipe que a revelou comprará uma carta. Existem 6 delas no total.

Cartas de *EMP*: possuem a cor roxa. São cartas de efeito rápido. Ao ser usada, é dado um pulso no bit *EMP* no *DATABASE*, zerando toda a informação contida. Total de 6 cartas de *EMP*.

Cartas de *Overclock*: possuem a cor roxa. São cartas de efeito rápido. Ao usá-las, compra-se 4 cartas instantaneamente. Total 6 cartas de *Overclock*.

Cartas de *Vírus*: possuem a cor verde. São cartas de efeito rápido. São usadas para anular outras cartas de efeito rápido, como *EMP*, *Coringa* e *Overclock*. Total de 9 cartas de *Vírus*.

No total, o baralho tem 63 cartas, sendo 16 azuis, 14 vermelhas, 24 roxas, 9 verdes. As cartas podem ser acessadas pelo link: <http://bit.do/jogoSLD>

2.2 Regras do jogo e estratégias.

Nesta seção são descritas todas as regras básicas do jogo.

Bits de Jogo

Existem vários bits que podem afetar os blocos do jogo. Em geral, a mudança nos valores dos bits é conseguida através dos efeitos das cartas. Algumas cartas mudam mais de um bit, não é permitido mudar o mesmo bit duas vezes.

Bits de Dados: são os bits que ficam na entrada de dados do Circuito Lógico (*Firewall*), eles estão nomeados como *WALL_A*, *WALL_B*, *WALL_C*, *WALL_D*. As cartas de Invasão ou o Coringa podem mudar o nível lógico desses bits permanentemente.

Bits de Endereçamento: são os bits que ficam nas entradas de seleção dos multiplexadores (*Mainframe*). São nomeados de *KEY_1*, *KEY_2*, *KEY_3*, *KEY_4*, *KEY_5* e *KEY_6*. Sendo os três primeiros referentes ao primeiro multiplexador e os outros três referentes ao segundo multiplexador. As cartas de Engenharia Social ou o Coringa podem mudar o nível lógico desses bits permanentemente.

Bit SEARCH: está ligado a entrada de Preset do registrador de deslocamentos (DATABASE). Pode ser ativado apenas pela carta coringa, no entanto, quando isso acontece, apenas um pulso é dado neste bit, ou seja, ele vai para nível BAIXO e volta para nível ALTO.

Bit EMP: está ligado à entrada de Clear do registrador de deslocamento (DATABASE). Pode ser ativado EMP ou pelo Coringa, no entanto, quando isso acontece, apenas um pulso é dado neste bit, ou seja, ele vai para nível BAIXO e volta para nível ALTO.

Bit DATA: está ligado a entrada serial do registrador de deslocamento. Inicia a partida em 1. Este bit é mudado sempre que uma carta *Information Change* é comprada, ou quando o efeito dela é usado. Quando o nível lógico deste bit é mudado, ele permanece alterado até que outro efeito o mude novamente.

Bits de DISCONNECT: existem 4 bits de disconnect, um para cada equipe (0, 1, 2, 3). Este bit tem o poder de desabilitar a entrada enable do contador da sua respectiva equipe. Todas as equipes começam conectadas (disconnect = 0), mas uma carta Coringa pode mudar o estado desta entrada. Nesse caso, o valor original é restaurado no início da próxima rodada, após a fase compra de cartas.

BIT de BUG: existe um único sinal de BUG conectado a todas as entradas UP/DOWN de todos os contadores. O jogo se inicia com o BUG inativo (nível BAIXO). Existem duas forma de alterar o valor do BUG: com uma carta Coringa ou caso a equipe tenha jogado a última carta da pilha. Em ambos os casos, o BUG é inativado após a fase de compra de cartas da rodada seguinte.

Fases do Jogo

Fase de Manutenção: as cartas das pilhas e da reciclagem da rodada anterior são embaralhadas e colocadas no final da pilha de compra.

Fase de compra: Cada equipe compra cartas até que atingir 6 cartas em cada mão. Se a equipe já tiver 6 ou mais cartas na mão, ela não comprará novas cartas.

Fase de disputa: as equipes jogam cartas, seguindo o sentido horário da mesa, com o objetivo de ganhar a Vantagem daquela rodada. Criam-se duas pilhas de resolução, uma para cartas de Engenharia Social e outra para cartas de Invasão. As cartas de efeito rápido vão direto para reciclagem.

Fase de definição da Vantagem: quando todas as equipes desistirem de jogar novas cartas, as equipes que tiverem jogado as cartas que estão no topo das duas pilhas, terão a vantagem. A equipe que jogou a última carta entra na fase de resolução primeiro.

Fase de resolução: As equipes que têm a Vantagem entram na fase de resolução. Aquela que fez a última jogada *resolve* primeiro. Ela deverá mudar a quantidade de bits descritos na carta do topo da sua pilha. Em seguida, ela decidirá se ativa ou não o BUG. Por último, são dados X pulsos de *clock*, em que X é igual a quantidade de voltas dadas naquela rodada.

Obs.1: Um único jogador que lance cartas normais em seguida, conta como uma volta, pois os demais jogadores, em suma, passaram sua chance de jogar.

Obs.2: as cartas efeito rápido podem ser usadas em qualquer fase, sem ordem pré-definida e seu efeito ocorre primeiro, de forma instantânea. Os vírus anulam cartas de efeito rápido.

Obs.3: No caso de empate em alguma das pilhas, aquela pilha não será resolvida, de modo que os bits descritos na carta não serão alterados, além de não ser dado nenhum pulso de *clock*.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesta seção é descrito como foram realizados os testes no jogo e qual foi a percepção dos autores em relação ao jogo.

Testes do jogo

Foram feitos três testes, com grupos diferentes, em dias distintos. No primeiro teste, foram necessários cerca de 40 minutos para apresentar a ideia, explicar as regras, e iniciar a partida. Percebeu-se que os estudantes, inicialmente, acharam o circuito complexo e criaram expectativas de que precisariam de muitos conhecimentos para jogar. No entanto, com o avanço do jogo, foi percebido que as ações eram simples e que o fluxo de informações no circuito foi entendido pelos participantes.

Neste primeiro teste, os autores estavam tomando notas e fazendo várias observações. Ficou claro que o jogo precisa ser refinado e algumas regras alteradas para tornar o jogo mais veloz. Também ficou claro que uma cartilha padronizada para que os jogadores pudessem fazer anotações era essencial. Um ponto de melhoria essencial neste primeiro teste foi perceber a necessidade de incluir display para mostrar os valores binários das entradas de WALL_A, B, C, D e de KEY_1,2,3 e KEY_4,5,6, com isso, a dinâmica do jogo melhorou, pois os jogadores poderiam visualizar os valores das entradas mais facilmente. .

No segundo teste, já com algumas alterações nas regras, o jogo fluiu melhor, desta vez foram feitas algumas intervenções durante o jogo e viu-se a necessidade de mais alguns ajustes. Como por exemplo, desabilitar a função DISCONNECT das regras básicas do jogo, e também a necessidade de explicitar os circuitos lógicos que, a priori, estavam ocultos no bloco Circuitos Lógicos.

No terceiro teste, foi recebido um nível de engajamento ainda maior dos participantes, com a versão aqui apresentada. Os autores acreditam que o jogo ainda pode passar por expansão e refinamento em balanceamento com a introdução de habilidades especiais para cada gangue, diferenciando-as por nomes e estilo de jogo. As cartas de gangue, entretanto, ainda serão desenvolvidas para modelos futuros do experimento, onde serão sorteadas para as equipes.

Percepção dos autores

O processo de desenvolvimento do jogo foi, por si só, uma experiência gratificante aos autores, que inclui um docente e dois discentes. Ao docente, foi enriquecedor o processo criativo com os discentes, que mostraram alta capacidade criativa, dinamismo para trabalhar em grupo e muito foco, dado o tempo limitado das reuniões de criação.

Os autores consideram que o jogo foi um sucesso, trouxe interesse de todos que tomavam ciência da sua criação. Nos testes, a despeito das oportunidades de melhoria apontadas, foi possível notar nos participantes o engajamento, a concentração e a vontade de superar o desafio.

Como ferramenta didática, o jogo abrange um conteúdo vasto em seu circuito, que pode se tornar objeto de estudo em sala de aula antes mesmo de uma partida vir a acontecer. É possível explorar o registrador de deslocamento, o demultiplexador, o multiplexador, o contador síncrono, display de 7-segmentos, conversão de bases e funções lógicas.

Apesar da complexidade do circuito, o sistema de jogo conseguiu ser simples o suficiente para trazer imersão e diversão.

Agradecimentos

Agradecemos a UNIFOR, por disponibilizar o espaço para os testes em laboratório. Agradecemos também a todos os alunos envolvidos nos testes durante o período em que o jogo foi experimentado.

REFERÊNCIAS

MCGONIGAL, Jane. **A Realidade em Jogo**. 1ª Edição, Rio de Janeiro: BestSeller, 2012.

QUANDT, Verônica Isabela; VASCONCELOS, Júlio César B; RODRIGUES, Guilherme Eduardo; CHIQUITO, Eder de A.; TAVARES, Leonardo G.; VALENTE, Solivan A. Desenvolvimento de Jogo Educativo para Auxílio no Ensino da Teoria de Sistemas Operacionais no curso de Engenharia da Computação. In: XLVI Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia e 1º Simpósio Internacional de educação em Engenharia , 2018, Salvador, BA.

XAVIER, André F. de Almeida; Xavier, Paloma de O. Campos. Derinó e Otimizando: jogos para a aprendizagem das derivadas em cálculo diferencial. In: XLVI Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia e 1º Simpósio Internacional de educação em Engenharia , 2018, Salvador, BA.

SANTOS, Manuele L. dos; QUEIROZ, Rafael N.; SANTOS, Carlos A. C. dos; MARTELLI, Marcile C.; ARAÚJO, Jasmine P. L. de; CASTRO, Bruno S. L.; BARROS, Fabrício J. B. In: XLV Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, 2017, Joinville, SC.

DIGITAL HEIST: AN ANALOGIC GAME FOR THE TEACHING OF DIGITAL CIRCUITS

Abstract: *This article presents a didactic card game to be used in introductory disciplines of digital circuits. In articles, they are detailed the elements of the game: rules, circuit, scenario and letters, of which event in replicate may replication of integral, or adapt it. At the time of*

writing this article, the game is in the testing phase. The sessions were separated with a group of monitoring students that included a discipline and a collection of opinions about an experiment. As a previous result, we saw that the game was able to promote a strong involvement of the students in the matter.

Key-words: Educational games. Digital circuits. Gamification.