

AUTOMAÇÃO NA ARQUITETURA: MENSURAÇÃO DO ENGAJAMENTO NO PROCESSO DE PROJETO USANDO A PLATAFORMA ARDUINO

AUTOMATION IN ARCHITECTURE: MEASUREMENT OF ENGAGEMENT IN THE PROJECT PROCESS USING ARDUINO PLATFORM

Ernani Zandoná Pazini¹

Tháisa Leal da Silva²

Andréa Quadrado Mussi³

Resumo

No contexto do ensino de arquitetura, essencialmente no processo de projeto com prototipagem automatizada, o pensamento computacional se insere neste cotidiano como forma de construir conhecimento por meio de ações próprias, características da cultura *maker*. Portanto, este trabalho tem como objetivo mensurar o estado de engajamento de estudantes de arquitetura em relação ao aprendizado durante o processo de projeto automatizado com a plataforma Arduino. Para atingir este objetivo, o estudo foi baseado na teoria do *Flow* usando o *Experience Sampling Method* (ESM) combinado com o método de *Participant Observation* (PO). Considerando esses fatos, o engajamento e aprendizado aconteceu quando a inclusão da plataforma Arduino junto às metodologias de ensino, estimulou os alunos a desenvolverem trabalhos automatizados. Dessa forma, a prática de construir por conta própria com o uso de tecnologias em ambientes educacionais é possível, além de permitir a integração do pensamento computacional no processo de projeto.

Palavras-chave: engajamento. cultura *maker*. automação. plataforma arduino.

Abstract

In the context of architecture teaching, essentially in the process of project with automated prototyping, computational thinking is inserted in this everyday as a way of building knowledge through own actions, characteristics of the maker culture. Therefore, this work aims to measure the state of engagement of architecture students in relation to learning during the automated project process with the Arduino platform. To achieve this goal, the study was based on the Flow theory using the Experience Sampling Method (ESM) combined with the Participant Observation (PO) method. Considering these facts, the engagement and learning happened when the inclusion of the Arduino platform together with the teaching methodologies, stimulated the students to develop automated works. In this way, the practice of building up on its own with the use of technologies in educational environments is possible, besides allowing the integration of computational thinking in the project process.

Keywords: Engagement. maker culture. automation. arduino platform.

¹Mestre pelo Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Arquitetura e Urbanismo da IMED, Passo Fundo, RS, Brasil. Professor na Universidade Comunitária da Região de Chapecó - UNOCHAPECÓ, Chapecó, SC, Brasil. ernanizpazini@gmail.com

²Professora Doutora, Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Arquitetura e Urbanismo da IMED, Passo Fundo, RS, Brasil. thaisa.silva@imed.edu.br

³Professora Doutora, Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Arquitetura e Urbanismo da IMED, Passo Fundo, RS, Brasil. andrea.mussi@imed.edu.br

1. Introdução

A comunidade acadêmica ao longo das últimas décadas vem passando por diferentes transformações no desenvolvimento científico, metodológico e tecnológico, na Arquitetura e no Urbanismo em especial no que se refere à fabricação digital, prototipagem e automação. Logo, ao inserir novas tecnologias de informação, comunicação digital, produção e automatização em ambientes educacionais hoje em dia, em especial na Arquitetura e Urbanismo tal como é o processo de projeto de protótipos automatizados, é de suma relevância mencionar o conceito da cultura *maker*, que está ligado à chamada Quarta Revolução Industrial ou Indústria 4.0 que pode se caracterizar como qualquer coisa criada ou fabricada por nós mesmos e está sob nosso controle (SCHWAB; MIRANDA, 2016).

A cultura ou movimento *maker* tem sua origem na cultura *Do-It-Yourself* (Faça Você Mesmo), onde o aluno pode se apropriar de ferramentas tecnológicas como a placa Arduino, impressoras 3D, cortadoras a laser, máquinas CNC (*Computer Numeric Control*), kits de robótica, entre outras, para realizar a prototipagem e fabricação de produtos, criando soluções próprias em um ambiente onde existe a democratização ao acesso dos trabalhos, sendo possível qualquer pessoa desenvolver, prototipar e testar suas próprias ideias (BLIKSTEIN, 2013).

Deste modo, a questão problema deste estudo aborda o quanto o aluno contemporâneo se motiva em aprender novos processos e tecnologias tal como o processo de prototipagem utilizando a plataforma Arduino no curso de Arquitetura e Urbanismo.

O processo de automação pode ser entendido como um procedimento que busca estabelecer autonomia em uma tarefa, ou seja, processos nos quais uma série de métodos são executados sem a intervenção do homem. Para isso ser viável o uso da tecnologia é essencial, no caso deste estudo foi usada a plataforma Arduino para realizar a automação de projetos (CABRAL FILHO, 2016).

O Arduino é uma plataforma eletrônica de código aberto baseada em *hardware* e *software*. A definição do *hardware* Arduino, segundo Banzi (2012), é uma pequena placa microcontroladora, ou seja, um circuito que contém um computador inteiro dentro de um chip, conhecido como microcontrolador, e que permite estender seus recursos com uso de componentes anexados a essa placa.

Já McRoberts (2012) define Arduino como um conjunto de *softwares* para programar um microcontrolador de placa única. Sendo um projeto de código aberto, também entendido como um sistema que pode interagir com o ambiente interno ou externo utilizando para isso tanto *hardware* quanto *software*.

Um dos grandes benefícios do Arduino em relação a outras plataformas de *hardware* é que ele pode ser usado em projetos arquitetônicos e urbanísticos para automação, e que o mesmo é baseado em *hardware* livre, ou seja, desenvolvedores de diversos países criam novos sensores e atuadores, estendendo o uso do mesmo para prototipagem, e automação residencial e industrial, são projetos de grupos de desenvolvedores conhecidos como *Makers* (MARTINS, 2017).

Sendo assim, a plataforma é composta de uma placa Arduino UNO com portas digitais e analógicas, pelas quais é possível conectar diversos dispositivos, como: Sensores, os quais são dispositivos que captam sinais físicos como cor, som, distância, velocidade, umidade, entre outras centenas de funções, enviando os sinais como números para serem processados na placa; e Atuadores, que são dispositivos que agem no mundo físico, como motores, alto-falantes, LEDs (*Light Emitter Diode*) ou placas de LED, placas gráficas, entre outros; e *Shields*

que são extensores que permitem novos recursos que a placa original não possui, como conexão *Wi-fi*, *Bluetooth*, uso de *RFID*, gravação em cartão de memória, entre outros recursos disponíveis (ARDUINO.CC, 2018).

Diante deste contexto, este estudo tem por objetivo mensurar o estado de engajamento e aprendizagem de alunos de uma turma do Curso de Arquitetura e Urbanismo que cursam a disciplina de Fabricação Digital e Prototipagem Rápida, mais precisamente nas aulas em que foi estudado automação de projetos com a plataforma Arduino. Para atingir tal objetivo a aplicação foi baseada na teoria de *Flow*.

A teoria de *Flow* que foi desenvolvida pelo psicólogo húngaro Mihaly Csikszentmihalyi, (iniciada na década de 1970), onde ele pesquisou quais são os motivos que levam as pessoas a um estado da mente de felicidade plena, de êxtase. A um nível de concentração tal que todo o resto desaparece. Onde a próprio senso de tempo é distorcido. Ele chamou este estado da mente de “estado de *Flow*”. Durante sua pesquisa na Universidade de Chicago nos Estados Unidos (década 1970), Csikszentmihalyi desenvolveu o instrumento de pesquisa chamado *Experience Sampling Method* (ESM) para entender, em diferentes momentos do dia, o que as pessoas estavam fazendo, onde, com quem estavam e no que estavam pensando, e em uma escala numérica qual era seu grau de felicidade, concentração, motivação e autoestima. Através de um *Pager* (relógio programado), os sujeitos recebiam um sinal em horários alternados e precisavam registrar em que situação se encontravam, para então classificar seu estado de felicidade, concentração, motivação e autoestima (Csikszentmihalyi, 1999; Martins, 2017).

De acordo com Martins (2017, p. 37) essa teoria apresentou resultados significantes:

Várias pessoas, de diferentes níveis sociais e idades, em momentos diferentes de lazer ou trabalho, registravam alto grau de felicidade ao estarem envolvidas na criação de algo, e ainda, centenas delas revelaram característica em comum, como perda da noção de tempo, alta excitação e alto grau de motivação intrínseca (MARTINS, 2017, p. 37).

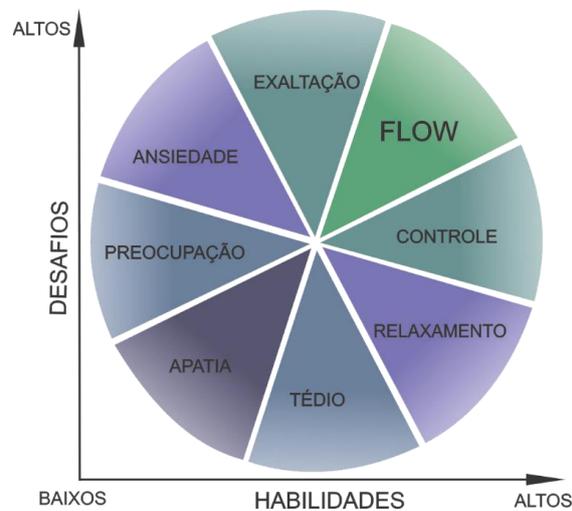
Conseqüentemente, ao associar a teoria de *Flow* ao aprendizado, pode-se relacionar o envolvimento em um momento específico de uma determinada atividade que leva ao aprendiz a um alto nível de concentração e motivação. Sendo que este processo acontece de forma natural, independente da atividade, o que faz com que ele entre em “estado de *Flow*” é o engajamento ou imersão a tarefa em questão.

Para compreender melhor este fenômeno Csikszentmihalyi (1999), explica que os processos mais importantes são: as habilidades necessárias para realizar a atividade e a dificuldade do desafio proposto, onde ambas necessitam estar em um perfeito equilíbrio para se atingir o “estado de *Flow*”, este processo está representado no gráfico da Figura 1.

Dependendo dos níveis de habilidade e da dificuldade dos desafios, o sujeito pode estar em diferentes estados mentais. A apatia é o pior estado, onde não se tem nenhum desafio a cumprir e nenhuma habilidade à prova. O oposto é exatamente o estado de *Flow*, onde coloca-se todas as habilidades à serviço de um desafio considerando-se capaz de realizá-lo.

Portanto, quando se tem o primeiro contato com uma atividade normalmente o sujeito está em um meio termo, entre ansiedade e relaxamento. Dependendo dos níveis de desafio e habilidade impostos pela atividade o sujeito pode entrar em *Flow* quando consegue realizar a tarefa com satisfação, ou vir a ter apatia pela atividade, quando sua habilidade é insuficiente diante o desafio imposto ou proposto (MARTINS, 2017).

Figura 1: Gráfico de Desafios e Habilidades



Fonte: Csikszentmihalyi, 1999. Adaptado pelos autores, 2019.

2. Métodos e Aplicações

Esta pesquisa se caracteriza como qualitativa de caráter exploratório conforme Gil (2002), tendo o intuito de alcançar os objetivos do estudo foi adotado o seguinte método de pesquisa: instrumento *Experience Sample Method* (ESM) associado ao *Participant Observation* (PO). A combinação destes métodos proporcionou vasta diversidade de informações e dados, contudo optou-se por compilar as informações e dados inerentes à mensuração do estado de engajamento ao conteúdo de automação na Arquitetura.

Sendo assim, a definição de engajamento para este estudo está associada à teoria de *Flow* mensurando os índices de motivação e dedicação dos alunos durante a construção do seu conhecimento, em especial no aprendizado do processo de projeto automatizado.

Deste modo, a pesquisa procedeu na disciplina Fabricação Digital e Prototipagem Rápida durante duas aulas do semestre 2018/2 no curso de Arquitetura e Urbanismo de uma faculdade brasileira, em que foram apresentados os conceitos, teorias e métodos de construção de projetos usando o ambiente de programação e placa Arduino. Esta disciplina teve por objetivo fornecer subsídio para os alunos produzirem protótipos/modelos com métodos de produção automatizada.

Para a coleta de dados foi usado o instrumento ESM (Figura 2) conforme Martins (2017), coletando os questionários do início ao final de cada aula, a cada trinta minutos em média, com intuito de detectar os índices de engajamento dos alunos de acordo com a teoria de *Flow*. Os dados foram coletados com todos os 11 alunos da turma. Assim sendo, foi coletado um total de 12 momentos totalizando 132 questionários ESM. Após a coleta de todos questionários, os mesmos foram analisados e forneceram evidências de Engajamento dos alunos em relação ao processo de automação nos projetos.

Os alunos responderam o instrumento em quatro situações referente à teoria de *Flow* em escala de opostos Feliz (-3) / Triste (+3), Fraco (-3) / Forte (+3), Passivo (-3) / Ativo (+3) e Motivado (-3) / Tédio (+3), nesta ordem embaralhada de acordo com Martins (2017) pra evitar respostas automáticas do aluno, configurando assim os quatros canais da teoria de *Flow*.

Figura 2: Questionário de coleta ESM

Nome: _____ Data / Horário: _____

Como você se sentiu quando for solicitado para responder?

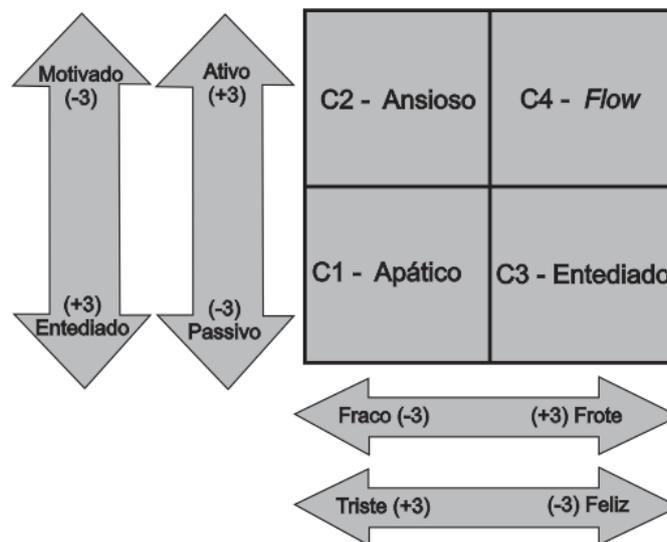
Para cada par de opostos, por favor, circule somente uma marca

| | | | | | | | |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Feliz | Triste | Fraco | Forte | Passivo | Ativo | Motivado | Entediado |
| ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ | ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ | ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ | ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ | ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ | ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ | ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ | ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ |

Fonte: Martins, 2017. Adaptado pelos autores, 2019.

O canal C1 (Apático) configura-se com situações de resposta entre: Fraco (-1 a -3), Triste (+1 a +3), Passivo (-1 a -3) e Tédio (+1 a +3). O canal C2 (Ansioso) configura-se com situações de resposta entre: Motivado (-1 a -3), Ativo (+1 a +3), Forte (+1 a +3) e Feliz (-1 a -3). O canal C3 (Tédio) configura-se com situações de resposta entre: Forte (+1 a +3), Feliz (-1 a -3), Passivo (-1 a -3) e Tédio (+1 a +3). O canal C4 (*Flow*) configura-se com situações de resposta entre: Forte (+1 a +3), Feliz (-1 a -3), Motivado (-1 a -3) e Ativo (+1 a +3), como representado na Figura 3.

Figura 3: Gráfico de distribuição dos 4 canais.



Fonte: Csikszentmihalyi e Larson (1984).

As informações do instrumento ESM foram coletadas em papel impresso, conferidas e posteriormente tabuladas em planilha eletrônica no *software* Microsoft Excel. Conforme Csikszentmihalyi e Larson (1994) e Martins (2017), foi aplicada as equações para calcular a variável de engajamento (E), e calcular os índices dos canais C1 (Apatia), C2 (Ansioso), C3 (Entediado) e C4 (*Flow*).

A equação da variável de engajamento é dada por: $E = C4 - C1$, onde a variável E (Engajamento) é justamente a diferença entre os valores dos canais C4 (*Flow*) e C1 (apatia). Resultando na trajetória de engajamento do aluno na atividade.

Os índices dos canais correspondem a valores de -12 a +12 providos de uma escala de

4 valores entre -3 a +3 pontos acrescentada a um valor de 12 pontos a todos os resultados para facilitar a visualização gráfica. Portanto, as atribuições numéricas da escala, ficaram de 0 a 24 pontos (CSIKSZENTMIHALYI; LARSON, 1984; MARTINS, 2017).

Exemplo: em uma situação de resposta de um dado momento, de um dos alunos, em uma das determinadas aulas, foi coletado o questionário apresentado na Figura 4.

Figura 4: Coleta ESM do aluno 10 no dia 23/08/18 no 5º momento da aula

| | | | | | | | |
|--|----------------------------------|--|-----------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------------------|-----------------------|
| Nome: <u>Aluno 10</u> | | Data / Horário: <u>08/11/18, 10:30</u> | | | | | |
| Como você se sentiu quando for solicitado para responder? | | | | | | | |
| Para cada par de opostos, por favor, circule somente uma marca | | | | | | | |
| Feliz | Triste | Fraco | Forte | Passivo | Ativo | Motivado | Entediado |
| <input type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> | <input type="radio"/> |

Fonte: Martins, 2017; adaptado pelo autor, 2018.

Para calcular os índices dos canais desta determinada situação aplicou-se as equações normalizando⁴ a expressão, representado nos seguintes procedimentos: Para calcular C1 (Apatia) foi coletado os valores de -2 pontos na situação Feliz/Triste; +2 pontos na situação Fraco/Forte multiplicado por -1 ficou -2 pontos; +1 ponto na situação Passivo/Ativo multiplicado por -1 ficou -1 ponto; -3 pontos na situação Motivado/Entediado. A soma da pontuação das 4 situações é -8 pontos, acrescidos de 12 pontos, representa 4 pontos no canal C1.

No Cálculo do C2 (Ansioso) foi coletado os valores de -2 pontos na situação Feliz/Triste; +2 pontos na situação Fraco/Forte multiplicado por -1 ficou -2 pontos; +1 ponto na situação Passivo/Ativo; -3 pontos na situação Motivado/Entediado, multiplicado por -1 ficou +3 pontos. A soma da pontuação das 4 situações é 0 pontos, acrescidos de 12 pontos, representa 12 pontos no canal C2.

No Cálculo do C3 (Entediado) foi coletado os valores de -2 pontos na situação Feliz/Triste, multiplicado por -1 ficou +2 pontos; +2 pontos na situação Fraco/Forte; +1 ponto na situação Passivo/Ativo, multiplicado por -1 ficou -1 ponto; -3 pontos na situação Motivado/Entediado. A soma da pontuação das 4 situações é 0 pontos, acrescidos de 12 pontos, representa 12 pontos no canal C3.

No Cálculo do C4 (*Flow*) foi coletado os valores de -2 pontos na situação Feliz/Triste, multiplicado por -1 ficou +2 pontos; +2 pontos na situação Fraco/Forte; +1 ponto na situação Passivo/Ativo; -3 pontos na situação Motivado/Entediado, multiplicado por -1 ficou +3 pontos. A soma da pontuação das 4 situações é 8 pontos, acrescidos de 12 pontos, representa 20 pontos no canal C4.

A variável de E (Engajamento) deste aluno neste momento é a diferença entre o C4 e C1 ($20 - 4$) = 16 pontos. Deste modo, os momentos do aluno 10 correspondem aos valores descritos na Tabela 1.

⁴ A normalização é feita para respeitar o sentido dos eixos em relação aos valores dos canais, sendo: o canal **C1 – Apatia** tem os valores do eixo Passivo/Ativo e Fraco/Forte multiplicados por -1, o canal **C2 – Ansioso** tem os valores do eixo Motivado/Entediado e Fraco/Forte multiplicados por -1, o canal **C3 - Entediado** tem os valores do eixo Passivo/Ativo e Feliz/Triste multiplicados por -1, e o canal **C4 – Flow** tem os valores do eixo Motivado/Entediado e Feliz/Triste multiplicados por -1 (CSIKSZENTMIHALYI E LARSON, 1984).

Tabela 1. Índices dos canais e variável E do Aluno 10 no dia 08/11/18 no 5º momento da aula

| Aluno | Data | Momento | C1 | C2 | C3 | C4 | E |
|-------|----------|---------|----|----|----|----|----|
| 10 | 08/11/18 | 5 | 4 | 12 | 12 | 20 | 16 |

Fonte: Autores, 2019.

Associado a coleta de dados do instrumento ESM foi usado o método *Participant Observation* (PO), que de acordo com Martin e Hanington (2012), é um método imersivo e etnográfico para compreender situações e comportamentos através da experiência de participação de membros em uma atividade, contexto, cultura ou subcultura.

Portanto a PO, pode ser considerada como um método onde o pesquisador se insere como participante num contexto por um determinado período de tempo. O principal objetivo é formar conexões profundas e empatia com as pessoas e as ocorrências que são importantes para ele, experimentando eventos da mesma forma que as pessoas que estão estudando. A observação e gravação sistemáticas são críticas, documentando não só o que é fisicamente evidente no meio ambiente, mas os comportamentos, interações, linguagem, motivações e percepções. Para isso, a PO é geralmente combinada com vários outros métodos, incluindo entrevistas, conversas informais, gravações de áudio ou vídeo e questionários (MARTIN; HANINGTON, 2012).

Desta forma, optou-se pela escolha da PO como método de acompanhamento das aulas, podendo assim combiná-la com o instrumento ESM aplicado na pesquisa, uma vez que este método compreende as intenções do estudo, a qual é mensurar um evento (Engajamento) de um grupo de pessoas em uma determinada situação.

Para tal, foram acompanhadas as aulas, observando sistematicamente o ocorrido nas atividades e documentando por meio de fichamentos, anotações, conversas e gravações de áudio durante o período das aulas, assim sendo analisado e conjugado com os resultados da coleta do instrumento ESM. Desta forma, contribuindo com a construção dos resultados e considerações desta pesquisa.

A turma contava com a participação de 11 alunos e as etapas de pesquisa concentraram-se no ensino e aplicação de automação com uso do Arduino divididas em duas aulas. Sendo que a primeira aula abordou uma introdução aos conceitos da plataforma Arduino, automatização de projetos e programação com uso de atuadores. Já na segunda aula foram implementados projetos com uso de sensores e atuadores conjuntamente no ambiente Arduino.

A primeira aula caracterizou-se pelo primeiro contato dos alunos com as ferramentas de automação da plataforma Arduino. Deste modo a aula foi separada em dois momentos, o primeiro, com aula expositiva de introdução aos conceitos de programação na plataforma Arduino. E no segundo momento foram realizadas atividades práticas com programação e uso de atuadores acionados através do Arduino.

Após conceituados o ambiente e placa de prototipação Arduino para a turma, a primeira atividade prática da aula foi com o Arduino e os atuadores, onde os alunos simularam

um semáforo usando o kit de Arduino Iniciante, mais precisamente uma placa Arduino uno, placa *protoboard*, LEDs, resistores e jumpers. Após criar o projeto, os alunos escreveram o código referente ao semáforo no *software* Arduino. Esta atividade teve o objetivo de introduzir o funcionamento de atuadores de iluminação (LEDs), os quais os alunos podem usar no desafio de automatizar seus projetos.

Na segunda aula, a atividade realizada foi criar projetos com uso de sensores de luminosidade e de presença acionados através do Arduino. Onde o desafio imposto pela atividade era simular uma luminária pública, ou seja, programar o sensor de luminosidade para que quando diminuísse a intensidade de luz do ambiente, o LED acendesse. Para isso foi usado: placa Arduino uno, placa *protoboard*, LED, sensor de luminosidade LDR, resistores e *jumpers*. Após a montagem do projeto os alunos escreveram o código correspondente no *software* Arduino. Esta atividade teve o objetivo de introduzir o funcionamento do sensor de luminosidade, o qual os alunos podem usar no desafio de automatizar seus projetos.

Já na atividade utilizando sensor de presença, o desafio estava em criar um projeto com o uso do *buzzer*, ou seja, criar um projeto que quando o sensor de presença, percebesse o movimento de algum obstáculo a uma determinada distância, ele disparasse um som, simulando um alarme residencial. Para a implementação desse projeto foi usada uma placa Arduino Uno, placa *protoboard*, sensor de presença, *buzzer*, e *jumpers*. Após a montagem do projeto, os alunos escreveram o código correspondente no ambiente de programação do Arduino. Esta atividade teve o objetivo de introduzir o funcionamento do sensor de presença, o qual os alunos podem usar no desafio de automatizar seus projetos.

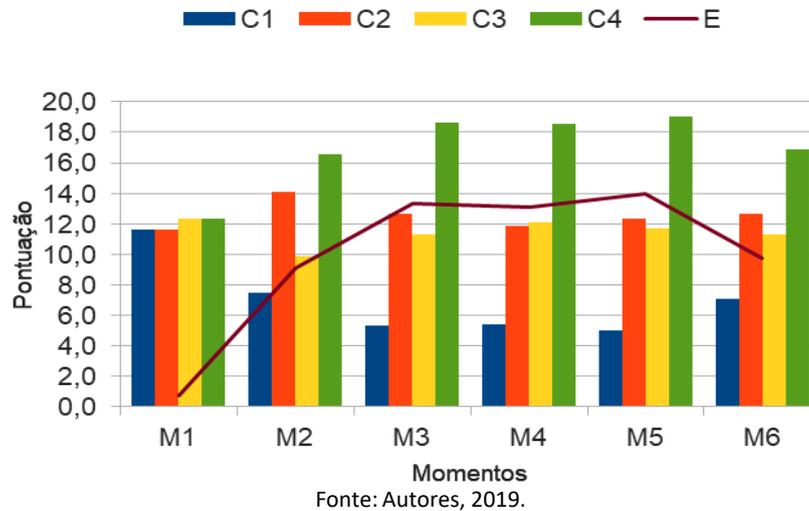
3. Resultados e Discussões

Os resultados obtidos neste estudo apresentam um nível de integração entre diferentes processos de projeto raramente abrangido nas demais disciplinas de um curso de Arquitetura e Urbanismo. Tais resultados, foram obtidos durante duas aulas de ensino de automação para o curso de Arquitetura e Urbanismo, integrando os processos de projetos arquitetônico, computacional e automatizado.

Dito isto, a seguir será apresentada a mensuração do desempenho de Engajamento dos alunos nestas aulas, o qual exibiu uma média de 7,7 pontos em uma escala de 12 pontos, baseado o método ESM.

No gráfico da Figura 5, é perceptível que os alunos no geral chegaram à aula, no momento M1, com os índices de C1 (apatia) e C4 (*Flow*) equilibrados, por consequência disto a variável de E (Engajamento) estava baixa. No decorrer das atividades os índices de C4 (*Flow*) aumentaram e os de C1 (apatia) diminuíram significativamente, assim aumentando o Engajamento da turma. O fato a ser exposto foi que esse acontecimento ocorreu em um período de tempo curto, em torno de 1 hora (entre M1 e M3).

Figura 5: Média aritmética de todos os alunos da primeira aula de automação com Arduino



Para explicar este fenômeno é descrito o que aconteceu entre os momentos. Entre os momentos M1 e M2, a aula foi expositiva, com apresentação do que é o Arduino e como ele funciona, ressaltando que esse assunto era totalmente novo para os alunos. Já entre os tempos M2 e M3, os alunos começaram a trabalhar com o ambiente de programação e placa de prototipação Arduino, simulando um semáforo com os atuadores de iluminação (LEDs), neste momento começaram a aumentar significativamente os índices E (Engajamento), pelo fato de diminuir o C1 (apatia) e aumentar o C4 (*Flow*).

Entre os momentos M3 e M5, os índices de C4 (*Flow*) mantiveram-se altos, pois entre esses momentos da aula houve interações entre alunos, professor e monitores, uma vez que alguns alunos estavam sentindo dificuldades para fazer a atividade, porém demonstrando bastante motivação para concluir o desafio, e quando conseguiram e entenderam o propósito da atividade, automaticamente começaram a fazer alterações no código para testar outras soluções e formas de funcionamento do semáforo. Ou seja, durante estes momentos da aula os alunos entraram em estado de *Flow*, pois estavam muito concentrados e focados visando atingir o objetivo da tarefa.

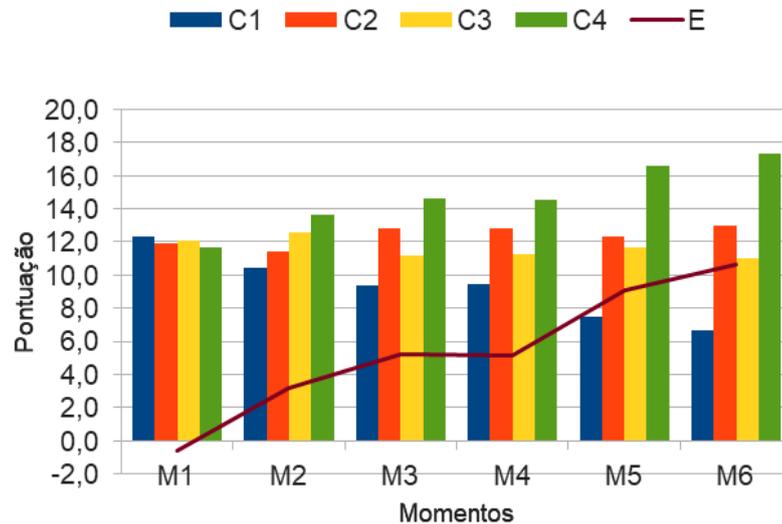
O ápice de Engajamento aconteceu no momento M5, ou seja, neste momento a turma demonstrou maior interesse e envolvimento pelo conteúdo da aula, que ocorreu durante o processo de automação e testes usando a plataforma Arduino. Também é possível perceber uma alteração da relação entre os canais C2 (ansiedade) e C3 (tédio) entre os tempos M2 e M6, (M4 equilibrado) mostrando os índices de ansiedade mais elevados aos índices de tédio, possivelmente pelo fato da turma estar aflita pelo contato com o novo conteúdo. Porém, no momento M5, quando a turma atingiu o estado de *Flow*, houve a compreensão e consolidação do conteúdo pelas habilidades dos sujeitos, ou seja, a aprendizagem aconteceu e o desafio perdeu valor, frente a habilidade desenvolvida.

Já no momento M6, final da aula, o índice de E (Engajamento) diminuiu, pois como a aula foi bastante intensa, alguns alunos já estavam cansados no final das atividades, contudo todos conseguiram realizar satisfatoriamente os desafios propostos.

No gráfico da Figura 6, é possível perceber que, da mesma forma que na primeira aula, os alunos chegam na segunda aula com os índices E (engajamento) muito baixos, pois no momento M1 todos os canais estavam equilibrados. Porém, no decorrer da aula os índices de C1 (apatia) diminuíram e os índices de C4 (*Flow*) aumentaram gradativamente, atingindo o seu

ápice no final da aula, em M6.

Figura 6. Média aritmética de todos os alunos da segunda aula de automação com Arduino



Fonte: Elaborado pelos autores, 2019.

Contudo esta aula foi essencialmente de construção de projetos de automação usando sensores e atuadores. No momento M2, quando os alunos começaram a perceber os resultados de suas automações, o nível da variável E (Engajamento) começou a subir, ou seja, os alunos começaram a entrar novamente em estado de *Flow* mantendo-se assim nos demais momentos até o final da aula. Também é possível perceber uma alteração da relação entre os canais C2 (ansiedade) e C3 (tédio) entre os tempos M2 e M3, pois houve uma inversão dos índices, neste caso a turma já conhecia o conteúdo oriundo da aula anterior, o que proporcionou um nível de tédio no início do momento M2. Já no momento M3, os índices inverteram-se pelo fato que a turma começou a fazer projetos com novos sensores e atuadores, e não somente com atuadores, voltando assim ao nível de ansiedade.

O ápice do Engajamento aconteceu no momento M6, ao final da aula pois, de acordo com as respostas dos questionários ESM, neste momento os alunos compreenderam e assimilaram a aprendizagem durante o processo de projeto automatizado.

Sendo assim, diante dos gráficos analisados é perceptível que os alunos se motivaram quando tiveram contato com a prototipação em Arduino, até então desconhecida para eles. Ou seja, os alunos ao terem contato com um processo de prototipagem característico do movimento *maker*, demonstraram motivação e interesse por aprender mais, uma vez que a tecnologia proporciona diferentes soluções projetuais essencialmente para a Arquitetura e o Urbanismo.

4. Considerações Finais

A temática discutida neste estudo buscou mensurar os níveis de engajamento dos alunos ao aprenderem novas técnicas e ferramentas projetuais. Tais alunos desenvolveram a capacidade de criar e aplicar técnicas de automação na Arquitetura e no Urbanismo utilizando o ambiente Arduino, por meio dos métodos de construção do conhecimento como a cultura *maker* e o pensamento computacional. A partir de uma pesquisa baseada na teoria de *Flow* usando os

métodos ESM e PO combinados, foi analisado e mensurado o engajamento ou motivação dos alunos ao aprenderem novas técnicas e ferramentas de automação para projetos arquitetônicos e urbanísticos.

Com isso ao estudar o engajamento dos alunos aliado aos métodos de pesquisa citados foi possível perceber que em ambas as aulas da pesquisa, os alunos chegaram com pouca motivação, porém com o passar do tempo, com o contato com a temática de automação e os desafios impostos, os alunos foram se motivando até atingir o estado de *Flow* e por consequência absorvendo o aprendizado durante o processo. Pois, ambientes de automação e programação não são assuntos tradicionais em escolas de Arquitetura e Urbanismo, com isso a turma teve novos desafios e novas habilidades a provarem em um sistema de construção de protótipos que estimula a autoconstrução ou o fazer por conta própria, possível com plataforma Arduino.

A partir dos resultados apresentados foi possível perceber esses níveis de engajamento no decorrer das aulas analisadas, e verificar os momentos em que os alunos atingiram o estado de *Flow*, momento mais propício para o aprendizado ocorrer. Com base nestas considerações conclui-se que o desenvolvimento tecnológico atual influencia nas metodologias de projetos arquitetônicos, bem como o incremento da prototipagem automatizada no processo de projeto. Assim, tendo em vista que este estudo se baseou em referências consolidadas sobre o tema, espera-se que os resultados apresentados nesta pesquisa contribuam para a realização de novos estudos em ambientes educacionais referentes à temática exposta.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio do Programa de Suporte à Pós-Graduação de Instituições de Ensino Particulares / Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (PROSUP/CAPES). Estendemos os agradecimentos ao programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo da Faculdade Meridional IMED, Passo Fundo/RS, ao grupo de pesquisa NITAU-IMED (Núcleo de Inovação e Tecnologia em Arquitetura e Urbanismo) e Laspau afiliado à Universidade de Harvard, parceiros na pesquisa *Learning's indicators: PjBL blend innovation and technologies as increase of learning*.

Referências

- ARDUINO.CC, 2018. Disponível em: < <https://www.arduino.cc/>> Acesso em: 30 out. 2018.
- BANZI, M. **Primeiros passos com o Arduino**. Novatec Editora LTDA. São Paulo: 2012.
- BLIKSTEIN, P. **Digital fabrication and 'making' in education: the democratization of invention**. Stanford: Stanford University, 2013.
- CABRAL FILHO, J., dos S. **Automação**. In: BRAIDA, F. *et al.* 101 Conceitos de Arquitetura e Urbanismo na Era Digital. São Paulo: ProBooks, p. 31 – 32, 2016.
- CELANI, G., SEDREZ, M.: **Arquitetura contemporânea e automação: prática e reflexão**. São Paulo: ProBooks, 2018.
- CSIKSZENTMIHALYI, M. **A descoberta do Fluxo**. São Paulo: Rocco. 1999.
- CSIKSZENTMIHALYI, M; LARSON, R.: **Being Adolescent: Conflict And Growth In The Teenage Years**. New York: Basic Books, 1984. 350 p. ISBN 0465006450, 9780465006458.

GIL, A. C. **Como elaborar projeto de pesquisa**. 4ª edição. Editora Atlas, 2002.

MARTIN, B.; HANINGTON, B. **Universal Methods of Design: 100 Ways to Research Complex Problems, Develop Innovative Ideas, and Design Effective Solutions**. Beverly. Rockport Publishers, 2012, 209 p. ISBN: 978-1-6105-8199-8.

MARTINS, A. R. de Q. **Uma experiência de utilização da robótica educacional como provocadora do estado de Flow visando potencializar a capacidade de resolução de problemas e a criatividade**. Tese (Doutorado em Educação) Universidade de Passo Fundo, 2017.

MEETARDUINO. Disponível em: <<https://meetarduino.wordpress.com/>> Acesso em: 30 out. 2018.

MCRBERTS, M. **Arduino Básico**. Novatec Editora LTDA. São Paulo: 2012.

SCHWAB, K.; MIRANDA, D. M. **A Quarta Revolução Industrial**. Edipro, 2016. 160 p. 1ª edição ISBN: 9788572839785.