

Universidade Federal de Campina Grande
Centro de Engenharia Elétrica e Informática
Coordenação de Pós-Graduação em Ciência da Computação

Visualização de Dados como Suporte ao Design Instrucional

Douglas Afonso Tenório de Menezes

Tese de doutorado submetida à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Ciência da Computação da Universidade Federal de Campina Grande – Campus I como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Doutor em Ciência da Computação.

Área de Concentração: Ciência da Computação

Linha de Pesquisa: Sistemas de Informação

Ulrich Schiel
(Orientador)

Campina Grande, Paraíba, Brasil.
Julho de 2017.

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

M543v Menezes, Douglas Afonso Tenório de.
Visualização de dados como suporte ao design instrucional / Douglas Afonso Tenório de Menezes. – Campina Grande, 2017.
167 f. : il. color.

Tese (Doutorado em Ciência da Computação) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Engenharia Elétrica e Informática, 2017.
"Orientação: Prof. Dr. Ulrich Schiel".
Referências.

1. Ciência da Computação. 2. *Design* Instrucional. 3. Learning Analytics. 4. Visualização de Dados. I. Schiel, Ulrich. II. Título.

CDU 004(043)

Aos meus pais, Nina e Afonso.

Agradecimentos

Eu sempre imaginei que o maior desafio que eu teria durante estes anos de doutorado seria escrever esta Tese. Confesso, que não esperava que teria outro desafio tão grande quanto, que seria agradecer às pessoas que fizeram parte desta trajetória em apenas algumas páginas, em um espaço tão curto. Tenho tantas coisas para falar sobre essas pessoas...

Gostaria de iniciar agradecendo aos meus pais, que dedicaram suas vidas para a educação dos filhos, pois tamanha dedicação e incentivo foram de fundamental importância para que eu persistisse nesta difícil caminhada, superando todos os obstáculos e dificuldades encontrados durante este percurso. Obrigado Mainha (Nina) e Painho (Afonso) pelo amor, incentivo e por estarem sempre presentes em todos os momentos de minha vida. Amo vocês.

Agradeço aos meus irmãos (Dani e Diogo), pelo carinho, respeito e admiração, pois eles também tiveram grande influência nessa conquista, me incentivando, me apoiando e ajudando de todas as formas possíveis. Meus sinceros agradecimentos!

Gostaria de agradecer a minha Tia Madá, pois essa é uma das pessoas mais importantes na minha vida, pois foi através dela que eu tive a oportunidade de fazer e concluir minha graduação e, desta forma, ter me tornado um profissional tão dedicado e apaixonado pela profissão. Agradeço do fundo do coração e espero sempre retribuir por tamanha dedicação. Muito obrigado!

Um agradecimento mais que especial ao Professor Ulrich, meu orientador, que me acolheu em um momento muito complicado de minha vida acadêmica. Juntos, conseguimos desenvolver um trabalho de qualidade feito com muito carinho e muita dedicação. Durante estes anos de convivência, se tornou mais que um professor, se tornou um grande amigo a quem tenho grande admiração e respeito. Obrigado pelas ideias e discussões, pelas correções e exigências em fazer tudo com muita qualidade e precisão. Espero um dia ser um professor tão bom quanto o senhor. Muito obrigado!

Também gostaria de agradecer aos amigos que fiz durante estes anos em Campina Grande. Ao Flávio, pelas longas horas de viagens entre Maceió e Campina Grande. Obrigado pelas conversas e pelo revezamento na direção, pois a viagem sempre foi muito cansativa... mas no fim, tudo valeu à pena. Agradeço a Isabel (Bel), pessoa muito importante para o sucesso da pesquisa, pois sempre nos ajudou com dicas muito valiosas, além

da parceria na publicação de trabalhos e continuidade da pesquisa. Um agradecimento mais que especial para meu amigo Alysson, uma pessoa que tenho muito carinho e admiração, pela sua simplicidade, honestidade, seriedade e inteligência. Conte comigo para o que precisar, meu amigo. É uma amizade que levo para o resto da vida.

Agradeço a todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação da Universidade Federal de Campina Grande, em especial ao Prof. Tiago Massoni, pela dedicação e comprometimento em fazer deste programa um dos melhores do Brasil. Me sinto honrado e muito feliz por ter feito parte deste programa.

Não poderia deixar de agradecer à CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pelo apoio financeiro durante todos estes anos. Aos coordenadores que passaram pelo programa, assim como as secretárias (Rebeka, Paloma e Liana), sempre muito solícitas e pacientes perante as dúvidas e pedidos.

Gostaria de fazer um agradecimento mais que especial para a minha família. Minha esposa Jacintha, pela paciência, incentivo e compreensão nos momentos mais difíceis, que não foram poucos nos últimos meses, além de segurar a barra com nosso filho durante minhas ausências. Ao meu filho João Pedro, meu bem mais precioso, que mesmo sendo muito novo, na maioria das vezes consegue entender que todos os sacrifícios são feitos pensando em seu bem estar. À minha filha, minha princesa Maria Valentina, que ainda nem nasceu, mas amo infinitamente. Vocês são meu combustível e minha fonte inesgotável de todas as minhas inspirações. É por vocês que percorro os caminhos mais longos e mais difíceis em busca da felicidade de nossa família. Amo muito vocês!

Finalizo, agradecendo a todos aqueles que injustamente não foram citados, mas que nos bastidores contribuíram de alguma forma para que eu pudesse atingir os objetivos.

*"Alguns homens vêem as coisas como são, e dizem 'Por quê?' Eu sonho com as coisas
que nunca foram feitas e digo 'Por que não?'"*
(Geroge Bernard Shaw)

Resumo

O uso de ambientes virtuais de aprendizagem está cada vez mais frequente, e muitas vezes os dados que são gerados nestes ambientes não são explorados adequadamente, o que dificulta a geração de indicadores da qualidade dos programas de formação. A qualidade do aprendizado em um ambiente virtual de aprendizagem é determinada por uma organização adequada do material e das formas de ensino. Para tal, deverá ser levado em consideração, entre outros fatores, o histórico de sucessos e insucessos de realizações anteriores das disciplinas a serem ofertadas e do perfil específico das novas turmas de alunos. O tratamento adequado destes dados pode evidenciar indicativos importantes sobre o desempenho de uma turma, tais como o nível de comprometimento e a motivação dos alunos, fatores que podem influenciar diretamente no processo de aprendizagem. Estes dados podem ser utilizados por especialistas ao serem exibidos como um resumo em forma de visualizações gráficas adequadas, possibilitando uma rápida interpretação e percepção de indicativos importantes dos cursos e seus alunos. As visualizações auxiliam na compreensão e análise dos dados gerados, ampliam a cognição e facilitam a compreensão das informações apresentadas. Esta tese apresenta uma proposta para visualização de dados educacionais, com o objetivo de analisar como a visualização de dados pode ajudar o professor a identificar e adequar um *Design* Instrucional problemático, por meio de dados históricos, de cursos já realizados, assim como durante a realização de uma nova edição do curso, auxiliando-o na melhoria do DI de um curso/disciplina.

Palavras-chave: *Design* Instrucional. *Learning Analytics*. Visualização de Dados.

Abstract

The use of virtual learning environments is becoming more frequent, and often the data that are generated in these environments are not properly exploited, which makes it difficult to generate quality indicators of training programs. The quality of learning in these settings is determined by an appropriate organization of the material and forms of instruction. In order to do so, it should be taken into account, among other factors, the history of successes and failures of previous achievements of the disciplines to be offered and the specific profile of a new class of students. Adequate treatment of these data can show important indicators about a class's performance, such as the level of commitment and motivation of the students, factors that can directly influence the learning process. These data can be used by specialists to be displayed as a summary in the form of adequate graphical visualizations, allowing a fast interpretation and perception of important indications of a course and its students. It helps to understand a set of data, facilitate the analysis of the generated data, to increase the cognition and the understanding of the presented information. This thesis presents a proposal for the visualization of educational data, in which the objective is to analyze how the visualization of data can help the teacher to identify and adapt a problematic Instructional Design, through historical data of courses already carried out, and during the realization of a new edition of the course, assisting the teacher in improving the Instructional Design of a course / discipline.

Keywords: Data Visualization. Instructional Design. Learning Analytics.

Lista de ilustrações

Figura 1 – Taxonomia de Bloom.	27
Figura 2 – Itens de uma Matriz de <i>Design</i> Instrucional.	28
Figura 3 – Matriz do <i>Design</i> Instrucional	28
Figura 4 – Modelo Analysis, Design, Development, Implementation and Evaluation (ADDIE).	30
Figura 5 – Modelo ADDIE de Noe.	31
Figura 6 – Modelo Dick e Carey para <i>Design</i> Instrucional.	34
Figura 7 – Modelo de Referência de <i>Learning Analytics</i>	37
Figura 8 – Ciclo de <i>Learning Analytics</i>	38
Figura 9 – Processo de <i>Learning Analytics</i>	39
Figura 10 – Conectividade e entendimento dos dados.	41
Figura 11 – Visualização de Dados em Barras.	41
Figura 12 – Árvore de Transição.	42
Figura 13 – Modelo de Visualização.	43
Figura 14 – Modelo de Visualização de Card, Mackinlay e Sheiderman.	43
Figura 15 – Relacionamento dos dados.	45
Figura 16 – Variáveis de imagem.	47
Figura 17 – Semáforo com as cores verde, amarela e vermelha.	50
Figura 18 – Identificação do nível de risco do aluno.	51
Figura 19 – Arquitetura do CourseVis.	52
Figura 20 – Representação de discussões para analisar diferentes relacionamentos.	53
Figura 21 – Matriz de visualização do desempenho dos alunos.	53
Figura 22 – Atividade de uso.	55
Figura 23 – Exemplo de Seções Apresentadas aos Alunos	57
Figura 24 – Redes de Petri Correspondente ao Exemplo	57
Figura 25 – Arquitetura da ferramenta de autoria OOCM	58
Figura 26 – Sequenciamento de Atividades	59
Figura 27 – Interação do usuário durante as fases.	65
Figura 28 – Módulo de importação de dados.	67
Figura 29 – Arquitetura do Protótipo.	68
Figura 30 – Modelagem do Banco de Dados.	69

Figura 31 – Diagrama de Caso de Uso do protótipo de visualização de dados. . . .	70
Figura 32 – Visão parcial dos possíveis caminhos de um Design Instrucional. . . .	71
Figura 33 – Cores dos nós.	71
Figura 34 – Identificação do aluno desistente.	72
Figura 35 – Informação compactada dos alunos.	72
Figura 36 – Lista de alunos que concluíram o curso por um caminho específico. . .	73
Figura 37 – Detalhes do aluno – Gráfico em Barras.	73
Figura 38 – Detalhes do aluno – Gráfico de Gantt.	74
Figura 39 – Caminhos de sucesso com base em uma seleção prévia.	75
Figura 40 – Rede de Atividades de um curso de programação de computadores. . .	75
Figura 41 – Visualização completa dos caminhos possíveis de um curso.	76
Figura 42 – Aproveitamento dos alunos em uma atividade.	77
Figura 43 – Configuração de visualização por nó.	77
Figura 44 – Visualização em linhas.	77
Figura 45 – Menu de configurações.	78
Figura 46 – Gráfico de Gantt com detalhes da realização das atividades.	79
Figura 47 – Visualização dos dados <i>online</i>	79
Figura 48 – Gráfico de linha do tempo.	80
Figura 49 – Visualização de dados com suporte para daltônicos.	81
Figura 50 – Primeira Fase da Pesquisa.	86
Figura 51 – Segunda Fase da Pesquisa.	86
Figura 52 – Terceira Fase da Pesquisa.	87
Figura 53 – Processo de <i>Design</i> Centrado no Usuário.	88
Figura 54 – Visualização do perfil e progresso do aluno.	96
Figura 55 – Visualização do progresso dos alunos.	97
Figura 56 – Rendimento dos alunos.	99
Figura 57 – Rendimento dos alunos.	100
Figura 58 – Design Inicial.	101
Figura 59 – Resultado da Análise de Usabilidade.	102
Figura 60 – Média TGP para avaliação da carga mental.	106
Figura 61 – Média de cada subfator.	107
Figura 62 – Taxa de sucesso na realização das tarefas (com limite de tempo). . . .	108
Figura 63 – Taxa de sucesso na realização das tarefas (sem limite de tempo). . . .	109
Figura 64 – Tempo de realização das tarefas.	110
Figura 65 – Eficiência do módulo de visualização de dados.	111
Figura 66 – Rede de Atividade de Alto Nível do Curso de Lógica de Programação. .	112
Figura 67 – Visualização dos dados históricos do curso de lógica de programação. .	112
Figura 68 – Comparação dos resultados após a modificação do DI.	113
Figura 69 – Reformulação do DI do Curso de Lógica de Programação.	114

Figura 70 – Módulo 1 do Curso de Lógica de Programação.	114
Figura 71 – Módulo 2 do Curso de Lógica de Programação.	115
Figura 72 – Módulo 3 do Curso de Lógica de Programação.	115
Figura 73 – Módulo 4 do Curso de Lógica de Programação.	116
Figura 74 – Visualização do Módulo 1 após sua realização.	116
Figura 75 – Visualização do Módulo 2 após sua realização.	117
Figura 76 – Primeiro caminho do Módulo 2.	117
Figura 77 – Segundo caminho do Módulo 2.	118
Figura 78 – Terceiro caminho do Módulo 2.	118
Figura 79 – Visualização do Módulo 3 após sua realização.	119
Figura 80 – Caminhos alternativos do Módulo 3.	119
Figura 81 – Visualização do Módulo 4 após sua realização.	119
Figura 82 – Comparativo de desempenho, antes e depois do uso do módulo de vi- sualização de dados.	120
Figura 83 – RAAN do Curso de Programação para Dispositivos Móveis.	121
Figura 84 – Grafo do Curso de Programação para Dispositivos Móveis.	122
Figura 85 – Grafo Inicial do Curso de Programação para Dispositivos Móveis.	122
Figura 86 – Acompanhamento dos alunos em uma atividade.	123
Figura 87 – RAAN do Curso de Programação para Dispositivos Móveis Após alte- ração.	124
Figura 88 – Grafo Parcial do Curso de Programação para Dispositivos Móveis.	124
Figura 89 – Acompanhamento dos alunos em uma atividade.	125
Figura 90 – Comparativo de desempenho, antes e depois do uso do módulo de vi- sualização de dados.	125
Figura 91 – Visualização do movimento planetário.	139
Figura 92 – Gráfico da distância de Toledo a Roma.	140
Figura 93 – Gráfico que compara as populações e impostos de vários países.	141
Figura 94 – Atlas físico.	142
Figura 95 – Infográfico de Minard sobre a marcha de Napoleão.	142
Figura 96 – Gráfico 3D da população da Suécia.	143
Figura 97 – Diagrama de seta.	144
Figura 98 – Mapa do Metrô de Londres.	144
Figura 99 – Histograma de análise de contas.	145
Figura 100 – Infográfico dos Marcos da visualização de dados.	145

Lista de tabelas

Tabela 1 – Comparação dos trabalhos relacionados	61
Tabela 2 – Objetivos específicos da pesquisa	84
Tabela 3 – Taxa Global Ponderada.	90
Tabela 4 – Problemas e sugestões para melhoria	104
Tabela 5 – Componentes da carga de trabalho e suas definições (NASA-TLX). . .	149

Lista de siglas

AVA Ambiente Virtual de Aprendizagem

ADDIE Analysis, Design, Development, Implementation and Evaluation

ATID Authoring Tool for Instructional Design

BD Banco de Dados

BPM Business Process Management

BPD Business Process Diagrams

CMS Course Management System

EaD Educação a Distância

GUI Graphical User Interfaces

IMS-LD Instructional Management System - Learning Design

LA Learning Analytics

CMS Course Management System

LMS Learning Management System

MOODLE Modular Object Oriented Dynamic Learning Environment

MOODOG Moodle Watchdog

RAAN Rede de Atividade de Alto Nível

TIC Tecnologia da Informação e Comunicação

VET Vocational Education and Training

XPDL XML for Process Definition Language

Sumário

1	INTRODUÇÃO	17
1.1	Questões de Pesquisa e Hipóteses	19
1.2	Objetivos	20
1.3	Organização do Documento	21
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	22
2.1	Educação a Distância – Educação a Distância (EaD)	22
2.2	Ambiente Virtual de Aprendizagem – (AVA)	23
2.3	<i>Design</i> Instrucional	25
2.3.1	Processos de <i>Design</i> Instrucional	30
2.4	<i>Learning Analytics</i>	35
2.5	Visualização de dados	40
2.5.1	Modelos de Visualização	42
2.6	Fatores da Visualização de Dados	44
2.6.1	Dados	44
2.6.2	Tarefa	45
2.6.3	Interatividade	46
2.6.4	Nível de Habilidade	46
2.7	Dimensões	46
2.8	Cores	48
2.9	Considerações Finais	48
3	TRABALHOS RELACIONADOS	50
3.1	<i>Signals</i>	50
3.2	<i>CourseVis</i>	52
3.3	<i>Modular Object Oriented Dynamic Learning Environment (MOODLE)</i> <i>Watchdog - MOODOG</i>	54
3.4	<i>Learning Activities Editor Tool</i>	55
3.5	<i>Vocational Education and Training</i>	55
3.6	Aprendizado adaptativo	56
3.7	OOCM (Object Oriented Course Modeling)	58

3.8	MOS Solo	59
3.9	COOPER (Collaborative Open Enviroment for Project Cente- red Learning)	60
3.10	Análise das Pesquisas Correlatas	60
3.11	Considerações Finais	61
4	PROPOSTA DE VISUALIZAÇÃO DE DADOS PARA ACOM- PANHAMENTO DE CURSOS	63
4.1	Introdução	63
4.2	DaVID - Módulo de Visualização de Dados Educacionais	65
4.3	Arquitetura do Sistema	67
4.4	Considerações Finais	81
5	METODOLOGIA	83
5.1	Introdução	83
5.2	Premissa	83
5.3	Objetivos	84
5.4	Hipóteses	84
5.5	Fases da Pesquisa	85
5.5.1	Referencial Teórico	87
5.5.2	Processo de Design	87
5.5.3	Avaliação de Usabilidade	88
5.5.4	Avaliação de Viabilidade	91
5.6	Considerações Finais	92
6	ESTUDO DE CASO	94
6.1	Introdução	94
6.2	Processo de criação do Design	96
6.3	Avaliação da Usabilidade da Proposta de Visualização de Dados	101
6.3.1	Avaliação dos Problemas de Usabilidade	103
6.3.2	Avaliação Quantitativa	105
6.3.3	Avaliação da Carga Mental	106
6.3.4	Avaliação da Efetividade	108
6.3.5	Avaliação do Tempo de Execução das Tarefas	109
6.3.6	Avaliação da Eficiência	110
6.4	Estudo de Caso: Lógica de Programação	111
6.5	Estudo de Caso: Programação para Dispositivos Móveis	121
6.6	Considerações Finais	126

7	CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS	128
7.1	Conclusão	128
7.2	Sugestões para Pesquisas Futuras	129
7.3	Contribuições em Produção Bibliográfica	130
	REFERÊNCIAS	132

APÊNDICES **138**

APÊNDICE A	– HISTÓRIA DA VISUALIZAÇÃO DE DADOS	139
APÊNDICE B	– QUESTIONÁRIO DE USABILIDADE ERGONOMICA	146
APÊNDICE C	– QUESTIONÁRIO DE PROBLEMAS ENCONTRADOS NA PROPOSTA DE VISUALIZAÇÃO DE DADOS	147
APÊNDICE D	– EXPERIÊNCIAS ANTERIORES	148
APÊNDICE E	– CARGA MENTAL DE TRABALHO	149
APÊNDICE F	– VALORES DA TAXA GLOBAL PONDERADA COM O SUPORTE DO DAVID	153
APÊNDICE G	– VALORES DA TAXA GLOBAL PONDERADA SEM O SUPORTE DO DAVID	159
APÊNDICE H	– TAREFAS REALIZADAS PARA AVALIAÇÃO DA EFETIVIDADE	165

Capítulo 1

Introdução

O aumento do uso de Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVA) e outras ferramentas educacionais permitiu o avanço da Educação a Distância (EaD) e serviu de apoio às atividades de ensino presencial (GELLER; TAROUÇO; FRANCO, 2004). Contudo, os dados que são gerados nestes ambientes são pouco explorados para gerar indicadores da qualidade dos programas de formação. Quando esses dados são devidamente tratados e analisados, podem identificar importante conhecimento acerca da adequação dos cursos a seus alunos, identificando fatores que podem influenciar diretamente no processo de aprendizagem (CAVALCANTI et al., 2015).

Partindo deste ponto de vista, a análise dos dados computacionais que foram processados e as informações que foram geradas podem ser apoiadas por resumos em forma de visualizações gráficas adequadas, o que possibilita uma interpretação e percepção de indicativos importantes dos cursos e seus alunos.

A visualização da informação é uma área que tem como objetivo auxiliar a compreensão de um conjunto de dados, fornecendo um meio para facilitar a análise dos dados gerados. A técnica de visualização de dados se baseia em uma representação visual, cujo nível de abstração é alto, pois não há relação direta entre os dados visualizados e uma entidade física ou geométrica (MUNZNER, 2014). O uso da representação visual, interativa e mediada por computador amplia a cognição, ou seja, explora a capacidade de percepção do usuário, permitindo a interpretação e a compreensão das informações apresentadas (SCAIFE; ROGERS, 1996).

Card, Mackinlay e Shneiderman (1999), definem visualização de dados como um conjunto de técnicas que possibilitam ao usuário a criação de formas gráficas de dados que utilizam o computador em processos interativos com o objetivo de gerar representações visuais, de modo a expandir o conhecimento destas informações. Desde a década de 90 que estas técnicas são utilizadas nas *Graphical User Interfaces (GUI)*, cujo objetivo é facilitar a compreensão e interpretação dos dados. A visualização de dados também permite criar gráficos que possibilitam a interação com o usuário diretamente na manipulação dos dados.

A visualização da informação em sua essência, consiste em representar visualmente um objeto na forma de uma imagem dentro de um modelo mental, que corresponde a um mecanismo do pensamento pelo qual o homem tenta explicar como são os objetos no mundo real (PINEO; WARE, 2014). É como se um objeto fosse projetado para o sistema cognitivo em que é transformado em um símbolo interno ou numa representação da realidade externa (GENTNER; STEVENS, 2015). Assim como nas representações textuais, as imagens projetadas, na maioria dos casos, são destinadas a criar uma espécie de correlação visual com o modelo mental do usuário. A visualização da informação também tem vantagens no grau da percepção humana e pode melhorar significativamente tanto a qualidade como a quantidade de informação que é apresentada a partir das imagens computacionais geradas (MUNZNER, 2014).

A cada dia, novas técnicas de visualização estão surgindo para estimular o reconhecimento de padrões, ajudando os usuários na compreensão dos diferentes tipos de níveis cognitivos (MUNZNER, 2014):

1. **Exploração:** quando o usuário não sabe o que está procurando (Descoberta);
2. **Análise:** Neste caso, o usuário sabe o que está procurando e a visualização ajuda a determinar se a informação procurada realmente está nos dados (Decisão);
3. **Descrição:** É o momento em que os dados são conhecidos, e o usuário deve examinar visualmente para poder descrevê-los (Explicação).

Com relação aos objetivos educacionais, é possível identificá-los seguindo a taxonomia de Bloom (FERRAZ; BELHOT et al., 2010). A taxonomia de Bloom é uma estrutura de organização hierárquica de objetivos educacionais que classifica o que é esperado do aluno com relação ao aprendizado a partir de uma instrução.

A visualização de dados permite que seja identificado, de forma rápida e objetiva, o aluno que conseguiu adquirir a habilidade do nível anterior, servindo de pré-requisito para o próximo nível. Estes objetivos são classificados em uma hierarquia de seis níveis cognitivos, do mais simples para o mais complexo (MOISSA et al., 2014):

1. **Conhecimento:** estado que requer que o estudante reproduza com exatidão uma informação que lhe tenha sido dada, seja ela uma data, um relato, um procedimento, uma fórmula ou uma teoria.
2. **Compreensão:** requer elaboração de um dado ou informação original. O aluno deverá ser capaz de usar uma informação original e ampliá-la, reduzi-la, representá-la de outra forma ou prever consequências resultantes da informação original.
3. **Aplicação:** reúne processos a partir dos quais o estudante transporta uma informação genérica para uma situação nova e específica.

4. **Análise:** caracteriza-se por separar uma informação em elementos componentes e estabelecer relações entre eles.
5. **Síntese:** representa os processos nos quais o estudante reúne elementos de informação para compor algo novo que terá, necessariamente, traços individuais distintos.
6. **Avaliação:** representa os processos cognitivos mais complexos. Consiste em confrontar um dado, uma informação, uma teoria, um produto, etc., com um critério ou conjunto de critérios, que podem ser internos ao próprio objeto de avaliação, ou externos a ele.

Professores e instrutores têm se deparado com um grande desafio na interpretação de dados quando estes envolvem indicadores com muitas variáveis, o que dificulta encontrar tendências e anomalias, por meio dos processos cognitivos, no *Design* Instrucional¹ de uma disciplina/curso por meio dos dados gerados pelos AVA.

1.1 Questões de Pesquisa e Hipóteses

A questão de pesquisa que norteia este trabalho é: Como conceber visualizações de dados que deem suporte para o professor/instrutor ter uma rápida interpretação e percepção de indicativos importantes dos cursos e seus alunos em tempo de execução e planejamento, auxiliando-o na tomada de decisão da escolha do *Design* Instrucional? A principal questão de pesquisa pode ser desdobrada nas seguintes questões de pesquisa subjacentes.

1. Como identificar o desempenho de uma turma com relação ao rendimento nas atividades?
2. Como identificar índices de sucesso em cada caminho do *Design* Instrucional?
3. Como identificar o desempenho de um aluno ou grupo de alunos com relação ao prazo para a realização das atividades?
4. Como utilizar o perfil histórico das disciplinas já cursadas para melhorar do *Design* Instrucional?

Com base nas questões de pesquisa apresentadas, surgiu a hipótese principal deste trabalho: A visualização de dados dá suporte para aprimorar a qualidade do *Design* Instrucional de um curso/disciplina, melhorando sua qualidade e flexibilidade, reduzindo o tempo na busca das informações, assim como, a redução da carga cognitiva. Essa hipótese está condicionada à validação de quatro hipóteses secundárias definidas a seguir.

¹ É um termo utilizado para se referir a uma ação intencional e sistemática de ensino, que envolve o planejamento, o desenvolvimento e a aplicação de métodos, técnicas, atividade, materiais e eventos, objetivando promover a aprendizagem humana (FILATRO; PICONEZ, 2013).

1. **Hipótese 1:** a carga mental utilizada na realização de uma tarefa² utilizando o módulo de visualização de dados é menor que a carga mental utilizada sem o seu suporte. Neste caso, foi definida a hipótese nula como sendo H_{1-0} : $\mu\text{CM} = \mu\text{CM}_0$, e a hipótese alternativa como sendo H_{1-1} : $\mu\text{CM} \neq \mu\text{CM}_0$ em que:
 - a) $\mu\text{CM} =$ Carga mental com suporte ao módulo de visualização de dados;
 - b) $\mu\text{CM}_0 =$ Carga mental sem suporte ao módulo de visualização de dados.

2. **Hipótese 2:** a efetividade na realização de uma tarefa sem a utilização do módulo de visualização de dados é menor que a efetividade com o suporte deste. Neste caso, foi definida a hipótese nula como sendo H_{2-0} : $\mu\text{Efe} = \mu\text{Efe}_0$, e a hipótese alternativa como sendo H_{2-1} : $\mu\text{EfeM}_0 \neq \mu\text{Efe}$ em que:
 - a) $\mu\text{Efe} =$ Efetividade mental com suporte ao módulo de visualização de dados;
 - b) $\mu\text{Efe}_0 =$ Efetividade mental sem suporte ao módulo de visualização de dados.

3. **Hipótese 3:** o tempo gasto para a realização de uma tarefa utilizando o módulo de visualização de dados é menor que o tempo gasto sem o suporte deste. Neste caso, foi definida a hipótese nula como sendo H_{3-0} : $\mu\text{T} = \mu\text{T}_0$, e a hipótese alternativa como sendo H_{3-1} : $\mu\text{T} \neq \mu\text{T}_0$ em que:
 - a) $\mu\text{T} =$ Tempo gasto para a realização de uma tarefa com suporte ao módulo de visualização de dados;
 - b) $\mu\text{T}_0 =$ Tempo gasto para a realização de uma tarefa sem suporte ao módulo de visualização de dados.

4. **Hipótese 4:** a eficiência na realização de uma tarefa sem a utilização do módulo de visualização de dados é menor que a eficiência de uma tarefa com o suporte deste. Neste caso, foi definida a hipótese nula como sendo H_{4-0} : $\mu\text{Efi} = \mu\text{Efi}_0$, e a hipótese alternativa como sendo H_{4-1} : $\mu\text{Efi} \neq \mu\text{Efi}_0$ em que:
 - a) $\mu\text{Efi} =$ Eficiência na realização de uma tarefa com suporte ao módulo de visualização de dados;
 - b) $\mu\text{Efi}_0 =$ Eficiência na realização de uma tarefa sem suporte ao módulo de visualização de dados.

1.2 Objetivos

O objetivo geral deste trabalho é analisar como a visualização de dados ajuda o professor a acompanhar o desempenho de um aluno ou grupo de alunos, identificando de

² Tarefa realizada pelo professor na interpretação e identificação de problemas no DI do curso/disciplina por meio do módulo de visualização de dados.

forma rápida e efetiva possíveis problemas no Design Instrucional de um curso a partir de dados históricos de cursos já realizados, no planejamento de novos cursos ou durante a realização de uma nova edição de um curso. Para que este objetivo seja atingido, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

1. Determinar as formas de visualização de dados mais adequadas para o tratamento de dados educacionais para dar suporte ao planejamento e acompanhamento do *Design Instrucional*;
2. Desenvolver uma proposta de visualização de dados educacionais;
3. Avaliar a usabilidade, efetividade e eficiência da proposta de visualização de dados;
4. Avaliar a redução da carga mental na realização de uma tarefa de interpretação.

1.3 Organização do Documento

Com relação à estrutura do trabalho, este ficou organizado em sete capítulos: o segundo capítulo apresenta a Fundamentação Teórica, na qual é abordada a área de visualização de dados por meio de seus conceitos, definição de modelos de visualização e definição dos fenômenos cognitivos relacionados à visualização de dados. Também são evidenciados conceitos e características sobre *Design Instrucional* e *Learning Analytics*. Os trabalhos relacionados com o uso de técnicas de visualização de dados são discutidos no terceiro capítulo. No quarto capítulo é apresentada a metodologia de pesquisa utilizada no trabalho, no qual são apresentadas as fases da pesquisa juntamente com as técnicas e instrumentos utilizados, além de apresentar todos os procedimentos para a aplicação da metodologia proposta. A proposta de visualização de dados é apresentado no capítulo cinco. No capítulo seis são apresentados os resultados da avaliação de usabilidade juntamente com a análise dos dados obtida por meio do estudo de caso dos cursos analisados. Por fim, no capítulo sete, são apresentadas as considerações finais e sugestões para trabalhos futuros.

Capítulo 2

Fundamentação Teórica

O presente capítulo mostra a fundamentação teórica, evidenciando os principais conceitos sobre o *Design* Instrucional, *Learning Analytics* e Visualização de dados. Inicialmente, são apresentados os conceitos relacionados ao *Design* Instrucional e sua aplicação na Educação a Distância EaD. Em seguida, são introduzidos os conceitos sobre *Learning Analytics*, mostrando as possibilidades de sua utilização no aprendizado de alunos, assim como no melhoramento do *Design* Instrucional. Por fim, são apresentados os principais conceitos sobre visualização de dados, destacando modelos e sua evolução ao longo do tempo do tempo.

2.1 Educação a Distância – EaD

De acordo com Nascimento e Filho (2002), EaD é a modalidade educacional na qual alunos e professores estão separados, física ou temporalmente e, por isso, faz-se necessária a utilização de meios e tecnologias de informação e comunicação, que podem ser síncronas¹ e assíncronas².

A EaD possibilita que o aluno crie o seu próprio horário para estudar, pois geralmente, suas aulas são ministradas pela internet, cujo o aluno só precisa comparecer à instituição de ensino para a realização da prova. Nesta modalidade de ensino, o acompanhamento do aluno, com relação a uma disciplina, pode ser feito por meio de mídias como televisão, vídeo aula, smartphone, notebook, dentre outros dispositivos.

A EaD permite a construção de novos caminhos para a educação, aplicando novas formas de aprender e ensinar, permitindo ir além dos modelos tradicionais com relação à avaliação dos alunos. O acompanhamento do aluno com relação ao seu comportamento, principalmente no que se refere a resultados negativos, como notas baixas ou reprovação,

¹ Comunicação que ocorre exatamente ao mesmo tempo, de forma simultânea. Dessa forma, as mensagens emitidas por uma pessoa são imediatamente recebidas e respondidas por outras pessoas.

² É um tipo de comunicação que não ocorre exatamente ao mesmo tempo. Dessa forma, a mensagem emitida por uma pessoa é recebida e respondida mais tarde pelas outras, como nos e-mails, por exemplo.

e os resultados positivos, como aprovação e bons conceitos, são detalhados a todo o momento, verificando falhas, desempenho e valorizando outros instrumentos que não seja a “prova escrita”. Nesta modalidade, a educação acontece em uma sala de aula virtual, que utiliza a tecnologia como suporte na geração do conhecimento a partir das relações sociais e na adoção de práticas de aprendizagem mais individualizada.

... se nós medirmos os resultados de aprendizagem através de um determinado instrumento de avaliação, e se o curso foi planejado com o mesmo rigor para ambas as plataformas (presencial ou através da tecnologia), então é bem provável que os resultados sejam equivalentes. Na maioria dos casos, isso ocorre por termos planejado o curso para atender aos objetivos de aprendizagem prescritos e intimamente amarrado às questões da avaliação. Essa é a base do que poderíamos chamar de bom desenho instrucional. Mas, como mais de trinta anos de pesquisas já demonstraram, isso não é a pergunta correta. A pergunta não é se podemos ou não obter os mesmos resultados de aprendizagem com a tecnologia, mas como poderíamos usar a tecnologia para enriquecer a experiência educacional, indo além daquilo que pode ser realizado no ambiente presencial ou em qualquer outro ambiente de transferência de conhecimento. (SHEARER, 2002).

Apesar de não ser novidade nos modelos educacionais, a utilização da EaD vem ganhando cada vez mais espaço com a introdução de ferramentas tecnológicas de informática e comunicações (computador pessoal, internet, melhoria das redes de transmissão de dados e a integração aos dispositivos móveis), possibilitando, cada vez mais, uma aproximação e atração dos alunos para esta modalidade.

O Brasil possui grandes diferenças sociais e culturais, e estas diferenças tornam a educação brasileira um constante desafio, principalmente pela existência de muitos analfabetos e uma enorme evasão escolar. Moreira e Kramer (2015) propõem mudanças profundas na sociedade, nos sistemas educacionais e na escola para se ter uma educação de qualidade.

Por meio da Universidade Aberta do Brasil (UAB), a EaD vem ganhando cada vez mais espaço no cenário nacional, por proporcionar o aumento da inserção de jovens e adultos no ensino superior, incentivando cidadãos que possuem dificuldade de acesso às Universidades.

2.2 Ambiente Virtual de Aprendizagem – (AVA)

No decorrer dos últimos anos, o desenvolvimento de novas Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) tem contribuído de forma significativa para a aprendizagem, combinando recursos tecnológicos e humanos. Como o aluno não tem uma delimitação geográfica e nem uma sala de aula presencial, em que o objetivo é buscar sua qualificação, novas propostas de estudos são necessárias para se aplicar a Educação a Distância.

Contudo, é necessário estudos sobre a utilização de ferramentas disponíveis para ambientes de EaD, em que os recursos que serão empregados não sejam um delimitador para a aprendizagem no meio virtual.

O ponto principal da comunicação entre alunos e professores, em que existe a dispersão geográfica, é a utilização dos Ambientes Virtuais de Aprendizagem Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA), em que os profissionais envolvidos, além de escolher um determinado ambiente para EaD, precisam ter conhecimento sobre as implicações de tal escolha, assim como objetivos claros que precisam ser alcançados, preservando a credibilidade e a seriedade dos cursos oferecidos.

De acordo com Coscarelli (2013), ambientes virtuais de aprendizagem são sistemas de ensino e aprendizagem integrados e abrangentes capazes de promover o engajamento do aluno.

Para que professores e alunos sejam auxiliados no processo de ensino e aprendizagem a distância, faz-se necessário o uso de ferramentas tecnológicas que promovam a comunicação entre as partes, criando novas possibilidades de ensino não presencial por meio da Internet.

De acordo com Landim (2009), existem quatro características necessárias para um sistema de educação a distância:

1. **Aluno:** centro do processo educativo;
2. **Docente:** garante que algum processo educativo ocorra entre os alunos, em que os processos de aprendizagem podem se tornar mais ricos e mais proveitosos se conseguirem compreender a natureza da interação³ e de como facilitá-la por meio de comunicações transmitidas com base em tecnologias;
3. **Comunicação:** pode ser realizada de acordo com o que foi disponibilizado pelo professor/tutor (vídeo-aula, apostilas, e-mail, fórum, chat);
4. **Estrutura e organização:** a organização dos materiais, a distribuição dos materiais, processos de comunicação e avaliação, fazem parte do processo inicial no desenvolvimento de programas de ensino a distância.

Além das características apresentadas, se faz necessário acrescentar a função do “tutor” que de acordo com Landim (2009), estaria dentro da ação do docente: “... *tutor, assessor, conselheiro, animadores, que motivam a aprendizagem e resolvem as dúvidas e os problemas surgidos no estudo dos alunos e, neste caso, avaliam as aprendizagens*” (p.39). Mesmo o professor já exercendo esta função, faz-se necessária a ação do tutor que aqui passaria a se chamar de “monitor”, levando em consideração algumas participações e auxílio ao professor quanto ao atendimento dos alunos em diferentes horários.

³ São três os tipos de interação: interação do aluno com o conteúdo, interação do aluno com o instrutor e interação do aluno com outros alunos.

Gestão de Ensino é um termo utilizado para definir as estratégias que são desenvolvidas para ajudar a alcançar resultados na aprendizagem. Um LMS - *Learning Management Systems* (Sistemas de Gerenciamento de Aprendizado) é um ambiente virtual de aprendizagem AVA que fornece os recursos necessários para a gestão, programação, criação, treino ou aprendizagem numa organização, ajudando a gerenciar tanto a sala de aula presencial, como a aprendizagem *online* (*e-learning*). Esses ambientes incluem ferramentas síncronas e assíncronas permitindo aos professores desenvolver atividades extraclasse, além de criar atividades mais dinâmicas.

2.3 *Design* Instrucional

Cada vez mais interativos e personalizados, os Sistemas de Educação a Distância vêm se tornando um importante recurso para lidar com a falta de tempo que muitas pessoas enfrentam. Com o intuito de potencializar o processo de interação entre as partes, integrando funcionalidades como chats, fóruns de discussões, e-mail, blogs, ferramentas de produtividade e avaliações, tais sistemas apresentam elevado grau de complexidade em seu desenvolvimento (HAGE; AIMEUR, 2013).

O processo de sistematização da prática educacional é a base do planejamento educacional, pelo fato de ser um processo contínuo, pelo qual os pré-requisitos para uma gestão satisfatória incluem a verificação do contexto em que as estratégias pedagógicas serão realizadas e a capacitação do gestor. O plano de ensino pode ser estruturado pelo gestor, levando em consideração o diagnóstico da realidade. Desta forma, o *Design* Instrucional pode ser conceituado como a estruturação do plano de ensino que compreende a definição de objetos educacionais, recursos pedagógicos, organização de conteúdos, estrutura do plano de ensino, além de procedimentos utilizados para avaliação (SANTOS et al., 2013).

Filatro e Piconez (2013) define o conceito de *Design* Instrucional separadamente (*Design* e Instrucional), no qual o primeiro é um produto resultante de uma determinada atividade com objetivos claramente definidos. Já a instrução, precisa de uma análise mais cuidadosa, e muitas vezes é identificada como treinamento ou até mesmo doutrinação, pois deve ser vista como um processo facilitador da aprendizagem significativa.

Existem muitas definições para o *Design* Instrucional, e todas elas são uma expressão de filosofias e pontos de vista sobre o que está envolvido no processo de aprendizagem. Filatro (2008) define DI como a ação intencional e sistemática de ensino que envolve o planejamento, o desenvolvimento e a aplicação de métodos, técnicas, atividades, materiais, eventos e produtos educacionais em situações didáticas específicas, a fim de promover, a partir de princípios de aprendizagem e instrução conhecidos, a aprendizagem humana.

De acordo com Siemens (2015), *Design* Instrucional é o desenvolvimento sistemático de especificações de instrução por meio da aprendizagem e da teoria da instrução para assegurar a qualidade do ensino. É todo o processo de análise das necessidades e metas, e o

desenvolvimento de um sistema de entrega de aprendizagem para atender a essas necessidades, incluindo o desenvolvimento de materiais e atividades de instrução. Considerando o contexto de EaD, o papel do *Design* Instrucional é extremamente necessário por unir tecnologia e educação.

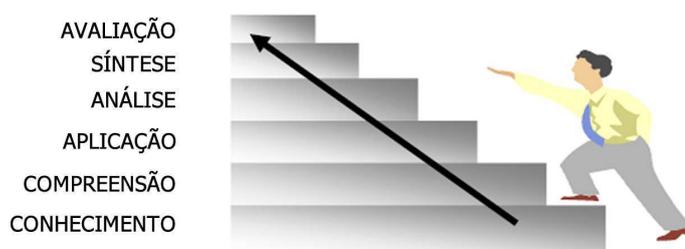
O processo educacional deve ser pensado junto com o processo de construção de um *Design* Instrucional, levando em consideração abordagens pedagógicas, objetivos, conteúdos e ferramentas (SANTOS et al., 2013). De acordo com Silva (2014), as abordagens pedagógicas mais conhecidas são:

1. **Comportamentalista (*Behaviourism*):** a principal atuação teórica do comportamentalismo está voltada à compreensão dos fatores internos e externos, relacionados como antecedentes e consequentes ao comportamento, ou seja, as pessoas aprendem por associação, e a partir de um estímulo obtém-se uma resposta simples e, então, é possível construir uma habilidade complexa a partir da associação de conceitos. A principal desvantagem desta abordagem é não poder identificar o estímulo correto para o aprendiz, podendo ocorrer uma falta de adaptação.
2. **Cognitivista:** baseia-se na ideia de que o conhecimento é o produto da interação entre homem e mundo. O aluno consegue aprender com base no estágio em que se encontra, então, o educador realizará atividades desafiadoras para o pensamento do aluno gerando conflitos cognitivos que permitam a participação integral e os ajudem a buscar novas respostas. Por meio da percepção da informação, as pessoas criam uma estrutura de conhecimento, e armazenam estas informações por períodos breves (memória curta) ou longos (memória longa). A maneira como a informação é armazenada pode não ser a melhor forma de resolver uma tarefa.
3. **Construtivista (individual):** é um método fundamentado na escrita, pois acredita que o aluno tem condições de se alfabetizar sem a ajuda de cartilhas e mecanismos que o induzam a decorar, repetir mecanicamente, transmitir e aprender o que está acabado. Parte-se da ideia de que a criança, antes mesmo de ser alfabetizada no ambiente escolar, já descobriu como funciona o processo de aprendizado do alfabeto, por exemplo, ler do lado esquerdo para o direito. A grande dificuldade encontra-se na resolução de problemas comuns a outras pessoas, pois o indivíduo pode querer aplicar sua própria solução.
4. **Construtivista (Social):** neste tipo de abordagem pedagógica, construímos nossa própria aprendizagem por meio de interações com o meio social. O aluno interage com os materiais e modifica-os, construindo assim o seu conhecimento. O professor é um mediador do processo de conhecimento que se dá por meio de interações sociais.
5. **Situada:** nesta abordagem, os alunos aprendem ao participar de comunidade de prática, progredindo de uma posição de novatos até a de especialistas pela observa-

ção, reflexão e legítima participação, enfatizando o contexto social da aprendizagem, com a diferença de que, esse contexto deve ser muito mais próximo – ou idêntico – à situação na qual o aluno eventualmente aplicará a aprendizagem adquirida.

Os objetivos educacionais, como já citado na Seção 1.1, podem ser descritos seguindo a taxonomia de Bloom (KARTHWOHL; ANDERSON, 2002; DORÇA et al., 2011). A Taxonomia de Bloom, por meio de um sistema de classificação de objetivos de aprendizagem e do desenvolvimento de capacidade e habilidades intelectuais, classifica o que é esperado do aluno com relação ao aprendizado por meio de uma instrução, expressando qualitativamente o nível de conhecimento do estudante em determinado conceito do domínio. É uma ferramenta de ensino e medição de conhecimento, que possui seis níveis: conhecimento, compreensão, aplicação, análise, síntese, e avaliação, conforme na Figura 1.

Figura 1 – Taxonomia de Bloom.



Fonte: Molenda (2003)

Pode-se planejar o *Design* Instrucional por meio de uma Matriz de *Design* Instrucional, que é um instrumento de planejamento por meio do qual o *designer* instrucional faz o detalhamento dos objetivos, recursos e ferramentas das atividades dinâmicas e complexas de aprendizado. A Matriz de *Design* Instrucional foi criada para garantir a correta comunicação das tarefas e dos recursos requeridos em cada uma delas, tendo como finalidade, detalhar as atividades práticas complexas, individuais ou em grupo, indicadas no mapa de atividades (COSTA, 2016). Na Figura 2, ilustra-se como as colunas da Matriz de *Design* Instrucional estão interligadas umas com as outras.

A matriz é composta por oito colunas que estão diretamente interligadas e dependentes uma da outra:

1. Uma unidade visa um ou mais **Objetivos**;
2. Para alcançar os objetivos, as pessoas assumem um ou mais **Papéis** no processo de ensino-aprendizagem;
3. Cada papel desempenha uma ou mais **Atividades**;

4. As atividades seguem um **Fluxo**, tem duração e são realizadas em um período de tempo determinado;
5. As atividades são apoiadas em **Conteúdos** e **Ferramentas** (incluindo mídias e tecnologias);
6. Os conteúdos e ferramentas são organizados em um **Ambiente**;
7. A **Avaliação** verifica se os objetivos da unidade foram alcançados.

Figura 2 – Itens de uma Matriz de *Design* Instrucional.



Fonte: Filatro (2008)

É possível observar na Figura 3 um modelo de Matriz de *Design* Instrucional (FILATRO, 2008).

Figura 3 – Matriz do *Design* Instrucional

	Unidades	Objetivos	Papeis	Atividades	Duração e Período	Ferramentas	Conteúdos	Avaliação
1								
2		Objetivos: O que se espera de cada unidade			Duração e Período: Respectivamente, carga horária e distribuição no calendário		Conteúdos: Objetos de aprendizagem, URLs e arquivos externos	
3	Unidades: Unidades elementares do ensino/aprendizagem							
4						Ferramentas: Serviços utilizados durante as atividades de aprendizagem e apoio		
5			Papeis e Atividades: quem faz o quê a fim de alcançar objetivos					Avaliação: Mecanismos e critérios para verificar se os objetivos foram atingidos
6								

Fonte: Filatro (2008)

Como o aprendizado é dinâmico e ocorre dependendo do perfil de cada aprendiz e, principalmente, da abordagem pedagógica que é utilizada, o planejamento e o acompanhamento das atividades de ensino precisam de uma forma que possibilite a flexibilização do *Design* Instrucional. Os modelos que caracterizam o *Design* Instrucional de cursos a distância podem ser classificados como (FILATRO, 2008):

1. **DI Fixo (ou fechado)**: são baseados na separação entre as fases de concepção (*design*) e execução (implementação), no qual existe o envolvimento do planejamento e da produção de cada componente do *Design* Instrucional de forma antecipada com a ação de aprendizagem. Antes do início do curso, são realizadas algumas tarefas como o fluxo de aprendizagem, regras de sequenciamento/estruturação, interações sociais e sua intensidade. O produto resultante deste modelo é rico em conteúdos bem estruturados, mídias selecionadas e *feedback* automatizado, dispensando a participação de um professor/tutor durante a realização do curso.
2. **DI Aberto (ou *on-the-fly*)**: este modelo envolve um processo mais artesanal, privilegiando mais os processos de aprendizagem do que o conteúdo. Durante a execução da ação educacional, os artefatos são criados, refinados ou modificados. Os cursos são realizados a partir de um ambiente virtual de aprendizagem AVA, com pré-condições já especificadas. Este modelo produz um ambiente menos estruturado, com mais *links* encaminhando a referências externas.
3. **DI Contextualizado (DIC)**: é a ação intencional de planejar, desenvolver e aplicar situações didáticas específicas que incorporem, tanto na fase de concepção como durante a implementação, mecanismos de contextualização e flexibilização (FILATRO; PICONEZ, 2013). É o modelo que mais se encaixa com as tecnologias atuais para EaD, permitindo que atividades sejam previamente estabelecidas como também forneçam liberdade para o aprendiz conduzir o aprendizado de forma mais adequada.

O modelo contextualizado possui seis características:

1. Maior personalização aos estilos e ritmos individuais de aprendizagem;
2. Adaptação às características institucionais e regionais;
3. Atualização a partir de *feedback* constante;
4. Acesso à informação e experiências externas à organização de ensino;
5. Possibilidade de comunicação entre agentes do processo (professores, alunos, equipe técnica e pedagógica, comunidade); e
6. Monitoramento automático da construção individual e coletiva de conhecimentos.

Sendo assim, as fases de análise, planejamento e produção não podem ficar separadas da fase de implementação do *Design* Instrucional (FILATRO, 2008).

2.3.1 Processos de *Design* Instrucional

A EaD é uma modalidade de educação que não exige que o aluno esteja fisicamente em um mesmo ambiente que o professor ou tutor para poder prosseguir com seu aprendizado. Para que isto seja possível, é necessário a existência de um AVA, no qual o professor poderá disponibilizar todo o material didático para que o aluno possa prosseguir com seu aprendizado. A tecnologia utilizada para o projeto e desenvolvimento desses ambientes possui pouco impacto na aprendizagem dos alunos. O que é realmente relevante, é a qualidade do *Design* Instrucional a ser desenvolvido (JOHNSON; ARAGON, 2003).

Existem muitos modelos de *Design* Instrucional que quando bem projetados, seguem um modelo satisfatório, aumentando as chances do sucesso de um curso em EAD.

As fases de planejamento, desenvolvimento ou concepção, implementação e avaliação são chamadas de modelo ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation e Evaluation*) (MOLEND, 2003). A Figura 4 mostra a relação das cinco fases do Modelo ADDIE.

Figura 4 – Modelo ADDIE.



Fonte: Molenda (2003)

A primeira fase do modelo ADDIE é a de análise, na qual são coletadas as informações

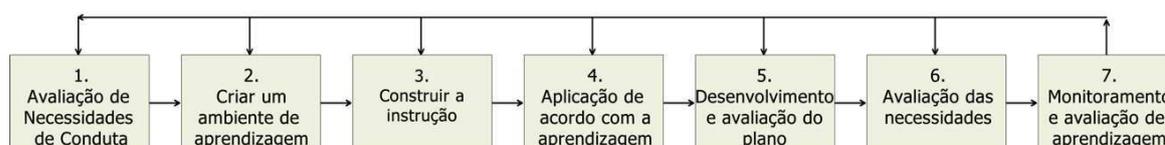
e entendidas as necessidades da organização, além da preparação do relatório de diagnóstico, definindo assim qual será o público alvo, qual o conteúdo a ser considerado, quando o curso irá acontecer e onde será realizado. O *Designer* Instrucional solicita dados, realiza entrevistas e conduz questionários para saber quais competências devem ser trabalhadas no treinamento ou experiência de aprendizado. São estudadas também algumas características da audiência, ou seja, as necessidades e a cultura dos participantes do curso ou experiência de aprendizado.

Na segunda fase do modelo ADDIE (*Design*), todas as informações levantadas na fase de análise são utilizadas para a definição dos objetivos do curso e para o planejamento de atividades voltadas para o alcance desses objetivos. É uma fase muito importante, pois nela será definido tudo o que deve ser produzido para que o programa siga corretamente, e a partir deste ponto será possível estimar custos e planejar um cronograma mais detalhado.

A fase de desenvolvimento (*Development*), é a construção efetiva do curso, na qual todo material necessário para a construção do planejamento feito na fase de projeto é criado, incluindo materiais a serem entregues, apresentações, ferramentas de avaliação entre outras.

A fase de implementação (*Implementation*) tem como objetivo a entrega do material aos alunos, ou seja, é a execução do programa propriamente dita, na qual o aluno fará uso dos materiais e atividades criados. A última fase do modelo ADDIE é a de avaliação (*Evaluate*), é a fase que avalia a execução de todas as outras fases, comparando os resultados planejados com os resultados obtidos, avaliando o retorno em relação ao investimento que foi feito durante todo o programa. Noe (2009) define de forma mais detalhada o Modelo ADDIE com a definição de sete fases como mostrado na Figura 5.

Figura 5 – Modelo ADDIE de Noe.



Fonte: Noe (2009)

1. **Primeiro Passo:** determina se existe uma necessidade de aprendizagem por meio da realização de uma análise organizacional, responsável pela definição do contexto da aprendizagem, seguido de uma análise de tarefa, que mostra o que é necessário para ser treinado, finalizando com uma análise de pessoa, determinando quem precisa ser treinado.
2. **Segundo Passo:** corresponde à construção do ambiente de aprendizagem e da verificação dos alunos com base nas características pessoais necessárias para aprender

e transferir conhecimento.

3. **Terceiro Passo:** saber como construir a instrução que irá facilitar a aprendizagem.
4. **Quarto Passo:** saber o que efetivamente o aluno sabe aplicar de acordo com o que aprendeu no treinamento.
5. **Quinto Passo:** corresponde ao desenvolvimento e avaliação do plano, pelo qual o método de aprendizagem deve ser escolhido após os objetivos de aprendizagem e resultados da avaliação serem identificados.
6. **Sexto Passo:** a escolha de um método de aprendizagem só deve ser feita depois que uma minuciosa avaliação das necessidades tenha sido realizada para identificar os resultados de aprendizagem desejados.
7. **Sétima Fase:** o plano de avaliação desenvolvido no quinto passo deve ser implementado e realizado após a conclusão da iniciativa de aprendizagem. Esta avaliação ajudará a determinar se o programa alcançou os objetivos de aprendizagem.

O modelo de Tucker (2002) é um dos modelos mais conhecidos, e sua estrutura é semelhante ao modelo de projeto utilizado em engenharia de software. Ele é flexível para aplicação em vários contextos e a instrução é formada por três partes: professor, aluno e material de apoio. O foco principal deste modelo é saber se o aluno aprendeu e se tem condições de colocar em prática aquilo que aprendeu quando concluiu a instrução, levando em consideração que a instrução tenha fornecido as condições necessárias para a aprendizagem, melhorando o modelo e replicando para o maior número de alunos. Este modelo fornece uma visão completa do que deve conter em um sistema de ensino.

Este modelo apresenta uma metodologia amplamente adaptada para o projeto de eventos instrucionais e é dividido em dez fases (Figura 6). As fases do modelo são as seguintes:

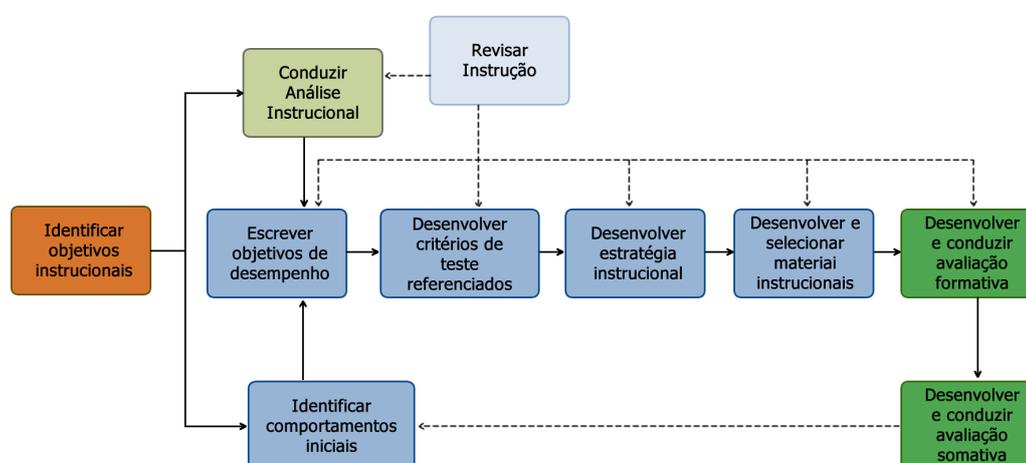
1. **Fase 1 (Objetos Instrucionais):** o primeiro passo é identificar o que o aluno é capaz de fazer quando concluir a instrução. A definição de uma meta instrucional se obtém de uma lista de metas, de uma lista de dificuldades que apresentam aos estudantes em um determinado cenário, das análises das dificuldades de alguém que está fazendo o trabalho ou de alguma outra necessidade de instrução.
2. **Fase 2 (Análise Instrucional):** depois que se identifica a meta instrucional, é necessário determinar que tipo de aprendizado o aluno deve alcançar para posteriormente ter condições de aplicar em uma determinada tarefa de forma a alcançar os objetivos inicialmente propostos. Para identificar as habilidades, o professor precisa saber as habilidades necessárias para cada etapa e tentar estabelecer os processos

mentais necessários para que cada um dos alunos consiga chegar a um elevado nível de aprendizado.

3. **Fase 3 (Comportamentos Iniciais):** nesta fase se identifica as condições de entrada, as características dos estudantes, o contexto em que adquiriram suas habilidades e em qual contexto se aplicará.
4. **Fase 4 (Objetivos de Desempenho):** é a identificação do contexto de aprendizagem e do contexto no qual os conhecimentos e as habilidades vão ser usados. O professor especifica o que o aluno é capaz de fazer com as demonstrações das habilidades a ser adquiridas.
5. **Fase 5 (Critérios de Teste Referenciados):** nesta fase são elaborados os critérios que medirão as habilidades dos estudantes para alcançar o que foi descrito nos objetivos. Em outras palavras, é um instrumento que permite diagnosticar qualidades individuais dos pré-requisitos necessários para novas habilidades e verificar os resultados de aprendizagem do aluno durante o processo de uma lição, fornecendo um documento de progresso dos alunos para que os pais ou administradores tomem conhecimento.
6. **Fase 6 (Estratégia Instrucional):** identificação dos critérios e dos itens de avaliação (aqueles itens cuja variação identificarão o sucesso da aprendizagem segundo os critérios definidos).
7. **Fase 7 (Material Instrucional):** a finalidade desta fase é selecionar materiais ou outros meios destinados a apoiar e a enriquecer o processo de instrução.
8. **Fase 8 (Avaliação Formativa):** a avaliação formativa do *Design* Instrucional é projetada e conduzida pelo professor com o objetivo de identificar as áreas em que os materiais instrucionais devem ser melhorados, tornando-os eficazes independentemente do número de alunos.
9. **Fase 9 (Avaliação Somativa):** depois de verificada e analisada todas as fases do processo, o professor deve projetar e conduzir a avaliação somativa de forma a medir o valor de sucesso da instrução. Este último estágio não faz parte do processo de *Design* Instrucional, porém é importante para a sua avaliação e identificação de melhorias.
10. **Fase 10 (Revisão da Instrução):** por meio de uma revisão, o professor analisa os dados da avaliação formativa para examinar a validade da análise instrucional e a análise de contexto, os objetivos de desempenho, os instrumentos de avaliação, estratégia de ensino e instrução.

O Instructional Management System - Learning Design (IMS-LD), é um padrão de *Design* Instrucional internacionalmente conhecido e atua na especificação do processo de ensino-aprendizagem, definindo quais condições e atividades devem ser executadas pelos alunos e professores para alcançar seus objetivos, fornecendo um conjunto de elementos que proporcionam a descrição formal de unidades e de processo de aprendizagem, independente da abordagem pedagógica adotada (SILVA, 2008). As atividades de aprendizagem e de suporte que são executadas por diferentes pessoas (alunos e professores), são representadas pelo processo de aprendizagem (KOPER, 2005).

Figura 6 – Modelo Dick e Carey para *Design* Instrucional.



Fonte: Tucker (2002)

O IMS-LD reúne os seguintes requisitos como pontos fundamentais para o processo de aprendizagem:

1. **Complete:** descreve completamente o processo de ensino-aprendizagem – possui referências para Objetos de Aprendizagem (OAs) digitais ou não digitais e serviços como *chat*, fórum e videoconferência.
2. **Flexibilidade Pedagógica:** expressa o significado pedagógico que segue qualquer abordagem e funcionalidades dos diferentes elementos de dados dentro do contexto de um projeto de aprendizagem.
3. **Personalização:** permite a adaptação do conteúdo e atividades, de acordo com as preferências, conhecimento prévio, necessidades educacionais e situações dos atores (professores/alunos). Isso significa que o controle do processo de aprendizagem pode ser passado para o aluno, outro membro da equipe ou até mesmo usando uma forma automática.

4. **Compatibilidade:** permite a compatibilidade com outros padrões de especificação, tais como IMS e IEEE LTSC.
5. **Reusabilidade:** possibilita identificar, isolar, retirar do contexto, realizar troca de objetos de aprendizagem, com o intuito de serem reutilizados em outros contextos.
6. **Formalização:** fornece uma linguagem formal para projetos de aprendizagem que possam ser processados automaticamente.
7. **Capacidade de Reprodução:** o projeto de aprendizagem é descrito de forma abstrata para ter sua execução reproduzida em diferentes ambientes, de forma repetida e com diferentes pessoas.

2.4 *Learning Analytics*

Pelo fato de a aprendizagem ser um processo interativo, professores e tutores gastam muito tempo na preparação de seus cursos, cujo principal objetivo é maximizar a interação entre professores e alunos e entre os próprios alunos e, conseqüentemente, melhorar o nível de aprendizagem. *Mas, como é possível saber se o curso está sendo efetivo, se as necessidades dos alunos estão sendo atendidas e como é possível melhorar o curso?*

Na maioria das vezes, os cursos são avaliados ao seu final, possibilitando melhorias somente para cursos futuros, impossibilitando o curso atual de receber essas melhorias. *Como identificar aquele aluno que está com problemas com relação ao seu rendimento no curso, e propor alternativas para contornar uma situação adversa em tempo de execução, possibilitando sua recuperação antes do final do curso?*

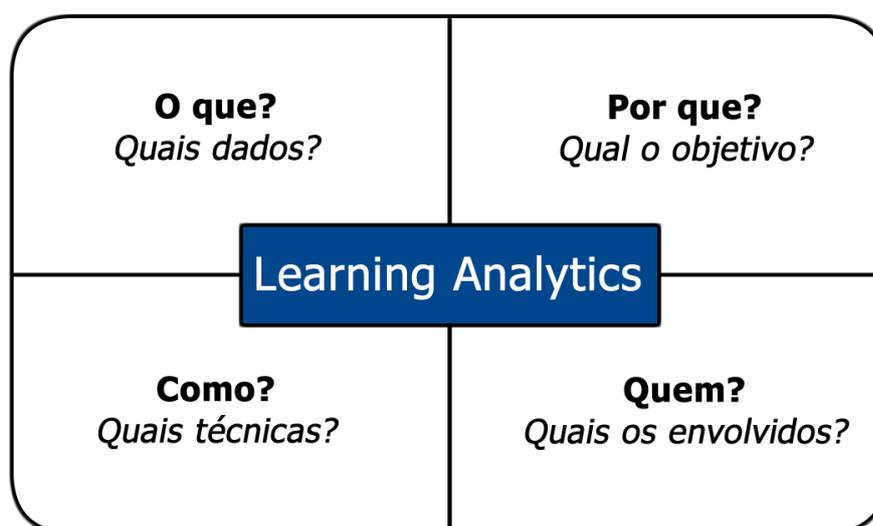
Em um Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA), é possível coletar uma grande quantidade de dados sobre detalhes da execução de um curso, que possibilita fazer diferentes tipos de análises relacionadas ao comportamento do aluno no ambiente, auxiliando na prática pedagógica e até mesmo na melhoria do ambiente. Com esta finalidade surgiu o *Learning Analytics (LA)*, que é uma área de pesquisa que analisa os dados produzidos por alunos durante a realização de um curso, objetivando melhorar o processo de ensino-aprendizagem.

De acordo com Duval (2014), *Learning Analytics* é a medida, coleta, análise e relato dos dados de estudantes e seus contextos com o propósito de entender e otimizar o aprendizado e o ambiente em que este ocorre. Este processo pode ser aplicado a disciplinas, cursos e departamentos, fornecendo informações valiosas sobre o que está realmente acontecendo, sugerindo maneiras pelas quais os educadores podem melhorar o processo de ensino-aprendizagem, além de indicar quais são os alunos que podem desistir de um curso ou aqueles que precisam de ajuda adicional para melhorar seu desempenho (SIEMENS; BAKER, 2012).

O modelo de referência de LA foi proposto com base na evolução da área com o objetivo de possibilitar a classificação da literatura e também para facilitar o seu entendimento (CHATTI et al., 2015). Este modelo é baseado em quatro dimensões (Figura 7):

1. **O que?:** determina quais tipos de dados são coletados, podendo ser provenientes do ambiente de aprendizagem utilizado, de fontes institucionais, de redes sociais como o *Facebook*, *Twitter*, entre outras.
2. **Quem?:** define a quem os resultados da análise serão direcionados, podendo ser direcionados para alunos, professores, instituições educacionais (administradores), pesquisadores, projetistas de sistemas, entre outros. Cada um dos envolvidos tem suas próprias perspectivas, objetivos e expectativas com relação aos resultados.
3. **Por que?:** esta dimensão está relacionada com os resultados/objetivos da análise realizada, e que de acordo com Chatti et al. (2015) e Atif et al. (2016), são:
 - a) Monitoramento e Análise: monitorar as ações do aluno e gera relatórios com os resultados das análises.
 - b) Predição e Intervenção: com base em ações e realizações atuais, a proposta de visualização tentará prever o desempenho do aluno no futuro, fornecendo indicativos de alunos que precisam de atenção especial para então intervir.
 - c) Tutoria e Mentoria: ajudar o aluno em módulos específicos do curso (tutoria) ou durante todo o curso (mentor).
 - d) Avaliação e *Feedback*: fornecer o *feedback* adequado com o objetivo de auxiliar na avaliação do aprendizado.
 - e) Adaptação: auxiliar o aluno por meio da reorganização dos recursos de aprendizagem e das atividades de acordo com suas necessidades.
 - f) Personalização e Recomendação: possibilitar ao aluno a personalização do seu aprendizado enfatizando a busca pelo conhecimento, ao mesmo tempo, oferecendo mecanismos que possam auxiliar o aluno nesta busca, evitando a sobrecarga de informações.
 - g) Reflexão: permite a comparação das informações entre os alunos, turmas e cursos, permitindo a verificação da eficiência das práticas de ensino e/ou aprendizagem.
4. **Como?:** referencia diferentes técnicas que podem ser empregadas com o objetivo de detectar padrões contidos nos dados e atingir os objetivos contidos na dimensão "**Por que?**". Chatti et al. (2015) afirmam que esta área utiliza uma grande variedade de métodos de outras áreas:

- a) *Academic Analytics*: é uma categoria com muitas aplicações e tecnologias para coletar, armazenar, analisar e fornecer acesso a dados, com o objetivo de ajudar usuários nas tomadas de decisão (GOLDSTEIN; KATZ, 2005). Visam a identificação de estudantes em risco (predição) Chatti et al. (2015). Estas análises são aplicadas no nível institucional, regional (cidade e estado) e nacional/internacional (SIEMENS; BAKER, 2012).
- b) Mineração de Dados Educacionais (do inglês *Educational Data Mining – EDM*): é uma área emergente, que tem como objetivo a definição dos métodos para a exploração dos dados provenientes de ambientes educacionais com o objetivo de utilizá-los para compreender melhor os alunos e seu contexto de aprendizagem.
- c) *Social Network Analysis* (análise de relações e interações de estudante para estudante e de estudante para professor, com o objetivo de identificar estudantes desatentos, influenciadores, entre outras características).
- d) *Social or “Attention” Metadata* (determina a forma como o usuário está envolvido).

Figura 7 – Modelo de Referência de *Learning Analytics*.

Fonte: Chatti et al. (2015)

Estas dimensões estão relacionadas com as etapas do ciclo proposto por Clow (2012), apresentado na Figura 8. Este ciclo possui quatro etapas: Alunos, Dados, Análise e Intervenções.

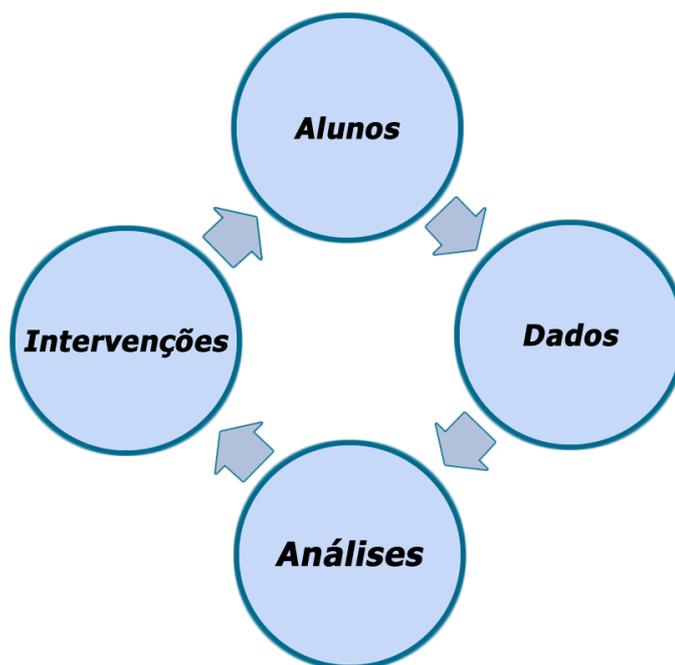
A primeira etapa corresponde aos alunos que irão gerar os dados coletados na segunda etapa. Com posse destes dados, serão realizadas diferentes análises que fornecerão conhecimento sobre o processo de aprendizagem. No entanto, este ciclo não pode se encerrar

enquanto os resultados desta análise não forem utilizados para direcionar intervenções, já que são estas intervenções que tornam as ferramentas de LA eficientes no aprimoramento do processo de ensino-aprendizagem Clow (2012).

De acordo com Brown (2012), existem duas categorias de intervenções:

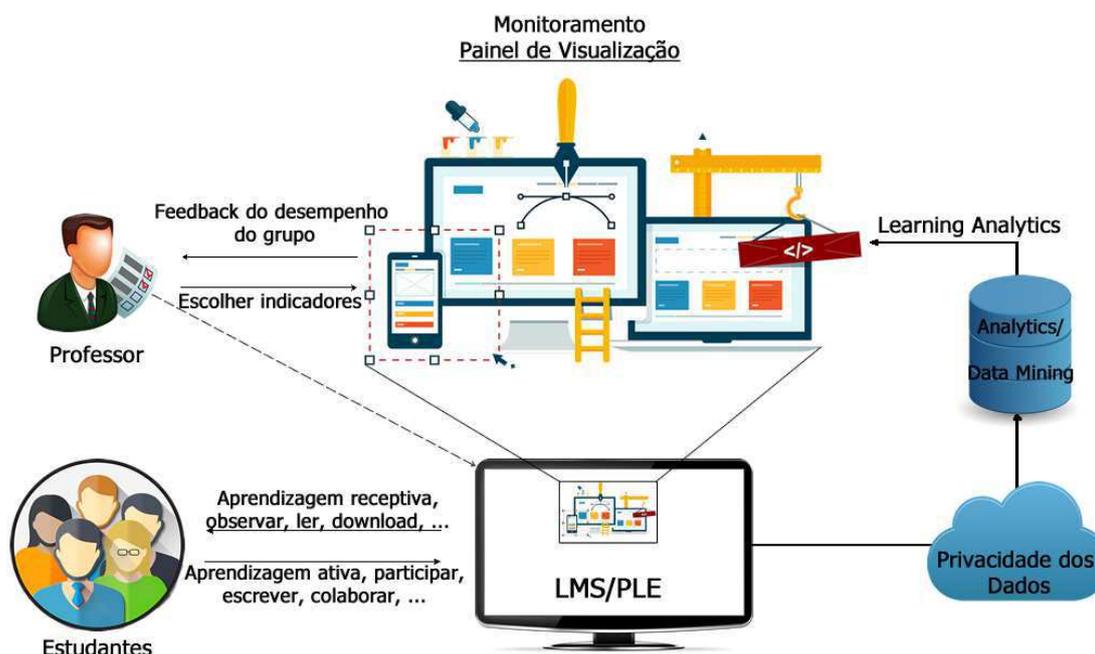
1. **Automáticas:** são aquelas em que o sistema realiza ações pré-determinadas automaticamente, com pouca ou nenhuma participação do professor, e tem como objetivo alertar o aluno. Podem ser também agentes inteligentes que guiam o aluno nos assuntos que apresentam maior dificuldade de aprendizado.
2. **Semiautomáticas:** são alertas enviados para os envolvidos no processo de ensino-aprendizagem (educadores e alunos), podendo ser considerados como sintomas, em que os envolvidos têm a possibilidade de decidir o que será feito para corrigir esta falha.

Figura 8 – Ciclo de *Learning Analytics*.



Fonte: Clow (2012)

De acordo com Chatti et al. (2015), um processo típico de *Learning Analytics* se assemelha ao processo mostrado na Figura 9.

Figura 9 – Processo de *Learning Analytics*.

Fonte: Chatti et al. (2015)

O processo tem início com a coleta de dados, feita a partir de diferentes atividades efetuadas pelos estudantes a partir da interação dos elementos de aprendizagem dentro de um AVA, Sistema de Gestão de Aprendizagem (LMS) ou um Ambiente de Aprendizagem Pessoal (PLE). A participação em exercícios colaborativos são exemplos desta atividade, que podem incluir a escrita de um post no fórum ou até mesmo a leitura de um documento. Nesta etapa, é fundamental respeitar as questões de privacidade dos dados. Geralmente, a saída dos dados da etapa de extração é transferida para uma nova base de dados.

A mineração dos dados pré-processados é a segunda etapa do processo de *Learning Analytics*, que tem como base, diferentes técnicas de *Data Mining*.

A apresentação dos resultados do processo de extração pode ser feita como um elemento que pode ser integrado num AVA. Com base nas visualizações gráficas apropriadas dos dados analisados, o professor poderá interpretar rapidamente a informação visualizada, refletindo sobre o impacto do seu método de ensino no comportamento da aprendizagem e desempenho de seus estudantes, tirando as primeiras conclusões acerca da eficácia da metodologia de ensino, ou seja, considerando se os seus objetivos estão sendo alcançados. Além disso, alguns resultados inesperados podem surgir, motivando o professor a melhorar, de forma iterativa, suas intervenções pedagógicas.

Foram desenvolvidos vários modelos de *Learning Analytics* com o objetivo de identificar o nível de risco dos estudantes em tempo real, a fim de aumentar a probabilidade de

sucesso dos estudantes. É possível destacar alguns sistemas, como por exemplo, o sistema de Sinais de Curso da Universidade de Pardia (ARNOLD; PISTILLI, 2012), que é uma ferramenta de *Academic Analytics* que utiliza *Business Intelligence* e tem a intenção de aumentar o sucesso do aluno, diminuir a retenção e melhorar as notas. Outro exemplo é o sistema *Moodog* que é uma ferramenta de análise de log de Sistemas de Gerenciamento de Cursos (*Course Management System (CMS)*), que tem como objetivo rastrear as atividades de aprendizagem *online* de estudantes, e vem sendo utilizado em cursos na Universidade da Califórnia, Santa Bárbara e a nível institucional na Universidade do Alabama (EDUCAUSE, 2010).

2.5 Visualização de dados

Existem várias definições sobre o conceito de visualização. De acordo com Hutchins (1995), a visualização ocorre quando os símbolos são processados mentalmente criando uma distinção entre as atividades perceptivas e cognitivas. Por outro lado, Munzner (2014) define visualização como sendo um conceito que recupera dados brutos com o objetivo de serem transformados em formas visuais, tendo como principal recurso utilizado, a visão humana. Já Kantardzic (2011) afirma que a visualização está preocupada com a exibição do comportamento, mais especificamente, com a exibição dos estados complexos de comportamento compreensível para o olho humano.

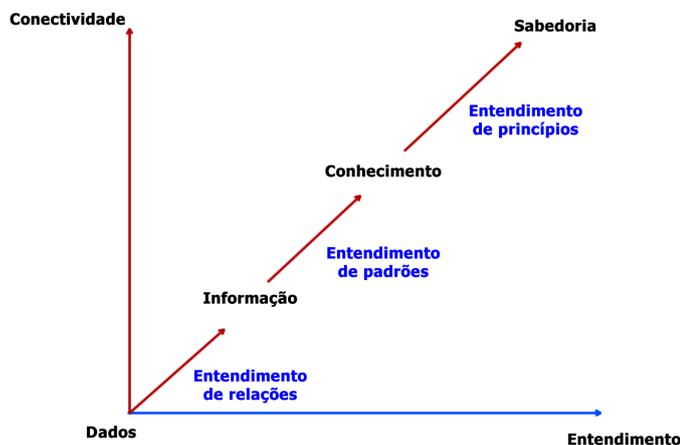
Existem dois sistemas de processamento da informação que fazem interface com o processo de visualização: a mente humana e o sistema. A mente humana classifica o conhecimento em cinco categorias (ACKOFF, 1989; CHEN, 2006):

1. **Dados:** valores brutos;
2. **Informação:** dados processados para terem um significado, respondendo questões como: “quem?”, “o que?”, “onde?” e “quando?”;
3. **Conhecimento:** ocorre quando existe a compreensão entre os padrões, fornecendo respostas à questão “como?”;
4. **Entendimento:** valoriza o “por que?”;
5. **Sabedoria:** ocorre quando se entende os princípios do conhecimento. A sabedoria avalia a compreensão.

Bellinger, Castro e Mills (2004) afirmam que estas categorias estão relacionadas à conexão e compreensão dos dados. É possível observar na Figura 10 que os dados brutos apresentados no primeiro nível, não têm nenhuma relação entre si. A visualização dos dados pode ser feita de uma forma simples por meio de uma representação gráfica num

eixo cartesiano. A informação surge a partir do entendimento das relações entre os dados. O surgimento do conhecimento se dá pela identificação dos padrões das informações que pode virar sabedoria quando os seus princípios são claros.

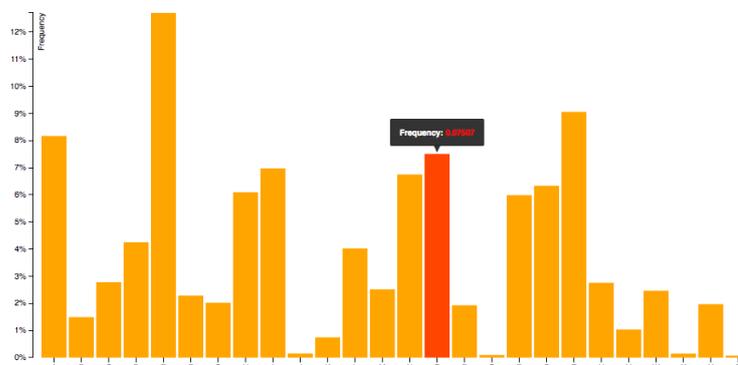
Figura 10 – Conectividade e entendimento dos dados.



Fonte: Bellinger, Castro e Mills (2004)

Um conjunto de dados complexos ou de grande porte é representado por uma visualização que vai oferecer um resumo dos dados, apoiando os seres humanos na identificação de possíveis padrões e das estruturas dos dados (BRTKA et al., 2014; PINEO; WARE, 2014; FIGUEIRAS, 2016). Várias técnicas de visualização podem ser utilizadas para representar dados brutos, tais como: gráfico de barras (Figura 11), gráfico de pizza, *scatterplot*, entre outros.

Figura 11 – Visualização de Dados em Barras.



Fonte: (Galeria do Repositório GitHub)

Em alguns casos, a comunidade científica gera um grande conjunto de dados por meio de instrumentos científicos ou por simulações de supercomputadores. Quando a geração

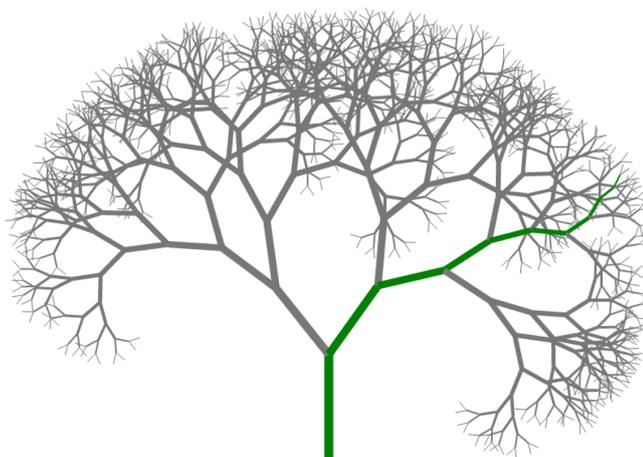
dos dados requer um grande esforço da comunidade científica, a visualização de dados é definida como “Visualização Científica” (KEHRER; HAUSER, 2013).

Visualização da Informação é uma área de aplicação de técnicas de computação gráfica interativas, que objetivam auxiliar a análise e a compreensão de um conjunto de dados e tem como objetivo potencializar a apropriação de informação pelo usuário, por meio de recursos gráficos. Algumas técnicas, como grafo ou árvore, por exemplo, podem apoiar a representação gráfica das relações entre os dados (Figura 12).

As visualizações científica e da informação estão preocupadas com o processo de interpretação, percepção e tomada de decisão, ao invés de uma simples criação de gráficos. Tem como objetivo a expansão das atividades cognitivas, melhorando a compreensão e exploração, consolidando de forma mais objetiva a aquisição do conhecimento.

Existe uma grande semelhança entre a Visualização Científica e a Visualização da Informação. Na Visualização Científica, os dados visualizados correspondem a medidas de objetos físicos, fenômenos naturais ou posições em um domínio espacial. Alguns exemplos de Visualização Científica são: visualização dos órgãos do corpo humano, sequência dos genes, fluidos em movimento e até funções matemáticas. Na Visualização da Informação, os dados são abstratos e não precisam ter uma representação geométrica característica a eles (KANTARDZIC, 2011).

Figura 12 – Árvore de Transição.



Fonte: (Galeria do Repositório GitHub)

2.5.1 Modelos de Visualização

Segundo Haber e McNabb (1990), o processo de visualização de informações na identificação das características de um conjunto de dados específicos pode seguir alguns passos, assim como pode-se observar no modelo de referência simples proposto pelos autores, que é baseado em quatro etapas (Figura 13).

Figura 13 – Modelo de Visualização.

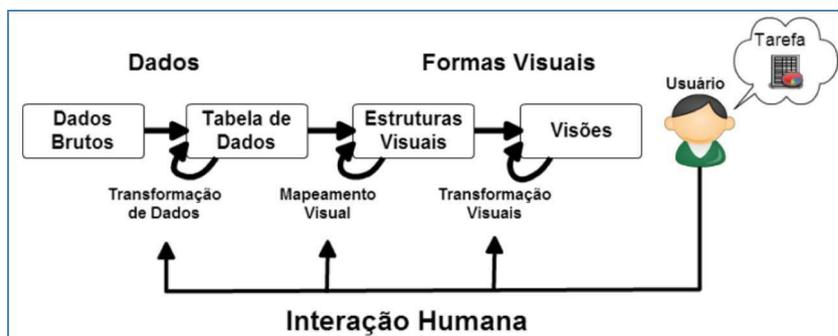


Fonte: Bellinger, Castro e Mills (2004)

A primeira etapa se resume na filtragem dos dados brutos (*Raw Data*), logo em seguida, é feito um mapeamento dos atributos dos dados filtrados em uma tabela de dados (*Data table*). A terceira etapa corresponde ao processo de renderização responsável pela geração das estruturas visuais, ou seja, as representações gráficas definidas por uma estrutura espacial, símbolos e propriedades gráficas. Por fim, uma imagem é gerada para ser visualizada.

Uma outra interpretação para este modelo foi apresentada por Card, Mackinlay e Shneiderman (1999), chamando-o de modelo de referência de visualização de informação (Figura 14). Este modelo de referência é uma sequência de atividades pela qual o usuário pode interferir em qualquer momento de cada fase e, ao mesmo tempo, durante a interação da informação.

Figura 14 – Modelo de Visualização de Card, Mackinlay e Shneiderman.



Fonte: Card, Mackinlay e Shneiderman (1999)

Este modelo é um refinamento do modelo de visualização apresentado na Figura 13, pelo qual o processo de geração de uma imagem é dividido a partir de dados brutos num conjunto de três etapas:

1. **Dados Brutos e Tabelas:** são dados/valores que podem ser adquiridos de diversas fontes e que ainda não passaram por um tratamento. Apresentam-se como um conjunto de números, caracteres, imagens ou outros dispositivos de saída. Geralmente não apresentam organização e não fornecem muita informação sobre o objeto

de estudo. Para que estes dados fiquem estruturados, eles são transformados em tabelas de dados, nos quais começam a ter conexões e relações.

2. **Estruturas Visuais:** a concepção de estruturas visuais é iniciada pela organização dos dados brutos em uma tabela de dados, chamada de entidade, a partir da qual se constrói uma estrutura visual a fim de representar as informações presentes na entidade, tais como: gráfico de barras, setores, diagramas, esquemas e mapas. Para tal, é realizada uma transformação dos atributos de entidade (tabela de dados) para formas gráficas espaciais representativas, para a representação de uma estrutura visual, uma imagem, que acione o sistema perceptivo do usuário. Este pode manipular a estrutura visual de várias maneiras, ou seja, criam-se as visões que permitem ao usuário observar as estruturas visuais sob algum enfoque em específico e tomar alguma decisão ou realizar alguma ação.
3. **Transformação Visual - Visões:** por meio da modificação e da interatividade com o usuário, é possível criar novas formas de estrutura visual por meio do processo de transformação visual, permitindo que sejam criadas em exibições dinâmicas. A etapa de transformação visual irá utilizar várias técnicas de visualização.

O estudo e compreensão destas etapas, serviram de base para o desenvolvimento da proposta de visualização de dados proposto.

2.6 Fatores da Visualização de Dados

Durante o processo de desenvolvimento de uma proposta de visualização de dados, e levando em consideração os aspectos e os potenciais usuários, destacam-se quatro fatores:

1. Dados;
2. Tarefa;
3. Interatividade
4. Nível de habilidade;

2.6.1 Dados

Os dados são um conjunto de informações que possibilita ao usuário adquirir algum conhecimento (SOMASUNDARAM; SHRIVASTAVA et al., 2009). Basicamente, existem dois tipos de dados:

1. **Estruturado:** são os dados formatados e organizados em tabelas e possuem eficiência em sua recuperação e processamento.

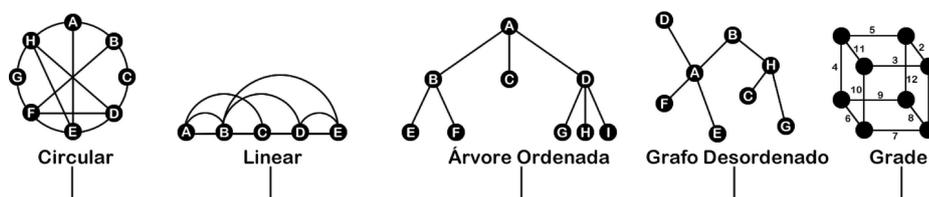
2. **Não estruturado:** são os dados que não podem ser organizados em tabelas, como e-mail, comentários em redes sociais, vídeos, entre outros.

e se dividem em duas categorias:

1. **Dados qualitativos:** são dados que não possuem valores quantitativos e são definidos por categorias e se referem à qualidade de alguma coisa. Exemplo: sexo, escolaridade, data de nascimento, entre outros.
2. **Dados quantitativos:** são os dados que se referem a números. Exemplo: nota em uma atividade, idade, tempo, entre outros.

Roth e Mattis (1990) propõem a utilização de várias dimensões ao longo das quais a informação pode ser caracterizada para dar suporte a visualização. Entre elas, são destacadas a estrutura relacional e os tipos de dados. A estrutura relacional descreve a forma como os dados são estruturados. Bertin (1981) identificou cinco tipos de estruturas relacionais: Linear, Circular, Árvore Ordenada, Gráfico não Ordenado e Grade. Estas estruturas descrevem a forma como os dados são estruturados (Figura 15).

Figura 15 – Relacionamento dos dados.



Fonte: Bertin (1981)

2.6.2 Tarefa

No contexto de visualização de dados, tarefa é definida como sendo o objetivo que o usuário deseja alcançar utilizando as funcionalidades disponibilizadas na interface (CARD; MACKINLAY; SHNEIDERMAN, 1999). De acordo com Card, Mackinlay e Shneiderman (1999), a tarefa pode ser dividida em seis dimensões específicas, na qual cada uma delas representa uma ação. Estas dimensões são:

1. Visão geral: visão completa do resultado da visualização;
2. *Zoom*: Visualização detalhada de um objeto (uma atividade ou um aluno);
3. Filtro: Consulta de acordo com os parâmetros definidos;
4. Detalhes: Detalhes de um grupo, subgrupo ou item selecionado;

5. Relacionamento: Exibe as relações entre grupos e subgrupos;
6. Histórico: Utilização de dados históricos;

2.6.3 Interatividade

Os sistemas que disponibilizam interação dinâmica com o usuário, permitem um *feedback* mais preciso, pois ajudam os usuários a entender e possibilitam gerenciar os mais diversos eventos e contextos. Nanavati et al. (2006) sugerem que a interação com uma interface gráfica, que permite se ajustar com base em suas necessidades, permite melhorar significativamente a compreensão de um determinado contexto. Em outras palavras, se as interações são apropriadas, o usuário desenvolve a compreensão dos dados enquanto adquire experiência sobre o funcionamento da interface.

A maneira como a informação é apresentada ao usuário influencia a qualidade de qualquer manipulação. Para que o usuário saiba como vai utilizar o sistema, é necessário que ele passe por uma demonstração de como os resultados serão apresentados, no qual será possível observar e aprender com o resultado de suas ações.

2.6.4 Nível de Habilidade

O nível de habilidade do usuário irá afetar a qualidade de qualquer resultado. Usuários com pouca experiência não irão conseguir ter o mesmo sucesso como aqueles que possuem vasta experiência em ambientes de visualização de dados. Sebrechts et al. (1999) comprovam esta afirmação ao comparar o resultado com diferentes tipos de dados, onde o sucesso de uma determinada tarefa feita por um usuário melhora à medida que a experiência aumenta. Mesmo levando em consideração o aumento da complexidade das atividades, houve uma melhora no tempo para a conclusão da tarefa.

2.7 Dimensões

Em visualização de dados, existem duas maneiras de apresentar a informação para os usuários: texto e representação gráfica. As visualizações de dados modernas, apresentam as duas informações ao mesmo tempo (visualizações híbridas), combinando texto com gráfico. No entanto, uma visualização de dados que apresente uma grande quantidade de texto, exige uma grande quantidade de esforço cognitivo. Recomenda-se a utilização de uma representação pictórica abstrata, pois a mesma permite ao usuário diminuir a carga cognitiva aplicada na interpretação da informação, onde o mesmo estará se baseando em padrões visuais.

Para que possa ser descrito o paradigma de exibição e apresentação de uma visualização de dados, é necessário observar as dimensões que um dispositivo pode apresentar. Quando

uma informação é exibida em uma tela, é necessário observar as dimensões existentes das quais devem ser levadas em consideração para o desenvolvimento da visualização de dados, para que a mesma possa transmitir um significado. As principais dimensões utilizadas para o desenvolvimento de uma proposta de visualização de dados são:

1. **Plano:** são as coordenadas que identificam a posição de um componente em específico (coordenadas no plano cartesiano x, y).
2. **Cor:** cores distintas em um intervalo visível, com a utilização de padrões de cores como RGB ou CMYK.
3. **Valor:** é o indicador de um componente visual, como uma nota ou um conjunto de notas de um aluno.
4. **Tamanho:** é a porcentagem da área da tela ocupada pelo componente visual.
5. **Orientação:** posicionamento angular dos componentes com relação aos outros componentes, levando em consideração os limites de visualização do display.
6. **Forma:** é a forma que uma atividade e a relação entre atividades assumem na tela.

Essas dimensões ainda podem ser subclassificadas aplicando-se as dimensões variáveis de imagem de Bertin (1981) (Figura 16).

Figura 16 – Variáveis de imagem.

Variáveis Visuais	Modos de Implantação		
	Ponto	Linha	Área
Tamanho			
Intensidade (valor)			
Granulação			
Cor			
Orientação			
Forma			

Fonte: Bertin (1981)

As dimensões de exibição podem ser refinadas de acordo como as informações que serão disponibilizadas. O resultado da visualização pode ser apresentado de duas formas (estático e dinâmico), e isto depende do tipo de interação que a solução pode oferecer.

O conceito de interação dinâmica está diretamente relacionado aos movimentos e as mudanças que podem ocorrer na visualização de dados, pois o sistema visual humano é extremamente sensível ao movimento.

2.8 Cores

Os dados visuais podem transmitir a informação em combinação com dados textuais ou de forma isolada, por meio da utilização de símbolos (pictogramas). Com base nisto, a cor se torna um importante elemento em qualquer meio visual de comunicação, pois possui grande influência sobre os indivíduos, suas emoções e seu processo cognitivo.

A cor nada mais é do que uma sensação causada pela reflexão dos raios luminosos que incidem em um determinado objeto, que é percebida pelo olho e interpretada pelo cérebro (PEDROSA; TOUTAIN, 2005). Ela pode se apresentar em diversas situações em nosso cotidiano, como uma informação em conjunto com outros elementos que compõem a linguagem visual. Quando as cores são utilizadas com o uso de gradiente contínuo, se tornam eficientes para mostrar o fluxo em termos de direcionamento, onde o usuário não precisará ser guiado por uma seta, quando esta poderá estar relacionada a um percurso (YANG et al., 2017).

A comunicação produzida por interfaces pode ser feita de duas maneiras: *designer-sistema* e *sistema-usuário*, no qual o objetivo é transmitir a mensagem do *design* (emissor) para o usuário (receptor). Estas relações acontecem de maneira isolada.

O que vemos como cores são, na verdade, diferenças de comprimento de onda, e muitas cores podem ser geradas por apenas um único comprimento de onda, como as cores vermelha e verde (AZEVEDO; CONCI, 2003). No entanto, outras só podem ser produzidas por luzes com vários comprimentos de onda, como roxo ou rosa. A cor não é apenas uma propriedade estética em uma aplicação, ela pode ser uma ferramenta que expressa uma informação inerente ao dado a ser visualizado e que ajuda a identificar os elementos que devem atrair atenção, interagindo com o usuário, e possuir uma relação direta com a ferramenta e seu propósito.

2.9 Considerações Finais

Este capítulo teve como objetivo apresentar os principais conceitos associados ao Ensino a Distância e à Visualização de Dados. Foi mostrado que a matriz instrucional é uma notação para o planejamento do DI, que permite identificar objetivos, metas, ferramentas e avaliações. Também foram apresentados, os processos de construção do Design Ins-

trucional, o modelo ADDIE, Modelo Dick and Carey (TUCKER, 2002) e o Instrucional Management System – Learning Design (IMS-LD). E, em seguida, foram discutidos os conceitos de Learning Analytics, no qual foi destacado como os dados gerados pela execução de cursos a distância podem auxiliar no entendimento e melhoramento do aprendizado de alunos e do Design Instrucional. Na última, foram introduzidos os conceitos e modelos de visualização de dados, detalhando os fenômenos cognitivos (percepção visual, interpretação de dados e resolução de problemas) relacionados com a visualização de dados.

Capítulo 3

Trabalhos Relacionados

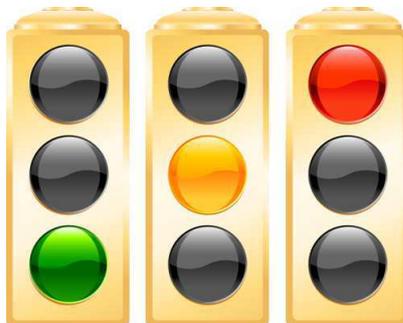
O presente capítulo apresenta os trabalhos relacionados com a construção e acompanhamento do *Design* Instrucional com e sem o suporte à visualização de dados, apresentando suas características, vantagens e desvantagens.

3.1 *Signals*

Signals é uma ferramenta desenvolvida pela *Purdue University* que utiliza *Business Intelligence* e tem como objetivo aumentar o sucesso do aluno em um determinado curso, diminuindo a retenção e melhorando as notas (ARNOLD; PISTILLI, 2012).

A ferramenta utiliza os dados coletados em sistemas de gerenciamento de curso para determinar, em tempo real, quais são os alunos que podem estar em risco. Isto é feito por meio da análise de uma grande quantidade de informação, no qual são aplicadas técnicas estatísticas para prever quais alunos ficarão para trás, alertando-os, por meio das cores verde, amarela e vermelha (Figura 17).

Figura 17 – Semáforo com as cores verde, amarela e vermelha.



Arnold e Pistilli (2012)

Os alunos podem receber, além da sinalização, mensagens de e-mail ou lembretes,

alertando-os de que estão com alguma pendência, por meio de uma implementação feita pelos instrutores, criando assim, uma agenda de intervenção (Figura 18).

Figura 18 – Identificação do nível de risco do aluno.



KUNNEN e NUCIFORA (2009)

A vantagem desta ferramenta é que ela fornece ao aluno, em tempo de execução, alertas que podem influenciar no andamento do curso. No entanto, esta ferramenta apresenta algumas limitações, tais como:

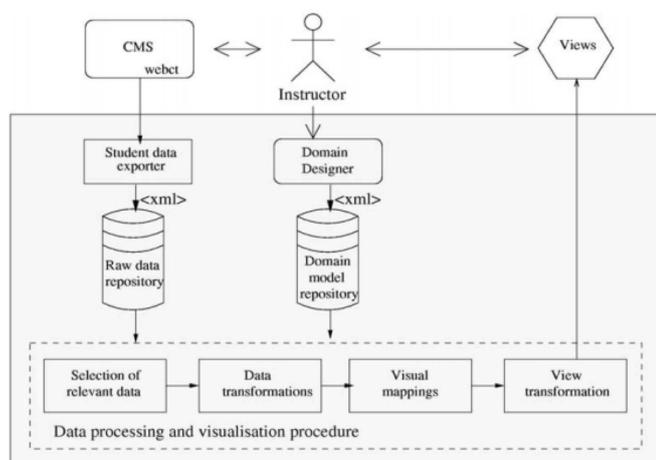
1. Os alertas são limitados aos alunos, fazendo com que tenha pouco impacto no desenvolvimento do *Design* Instrucional.
2. Possui limitação com relação a plataformas de ensino, pois seu uso é limitado ao *Blackboard*¹.
3. É uma ferramenta com suporte limitado à visualização de dados, pois possui limitações com relação à análise de dados, impossibilitando ao professor acompanhar o progresso do aluno e identificar possíveis problemas no *Design* Instrucional de uma disciplina em tempo de execução, no planejamento de novos cursos ou edições de cursos já realizados.

¹ é um Sistema de Gestão de Aprendizagem utilizado por instituições de ensino. É um sistema proprietário e sua utilização está condicionada a um pagamento mensal/anual.

3.2 CourseVis

O *CourseVis* é uma ferramenta desenvolvida com o intuito de estender sistemas de gerenciamento de curso e fornecer uma representação gráfica a partir dos dados importados das ações dos alunos. O objetivo da ferramenta é ajudar os instrutores a entender as necessidades de seus alunos por meio de técnicas de visualização de dados. O *CourseVis* considera aspectos sociais, cognitivos e comportamentais. Na Figura 19 é ilustrada a arquitetura do *CourseVis*.

Figura 19 – Arquitetura do CourseVis.



KUNNEN e NUCIFORA (2009)

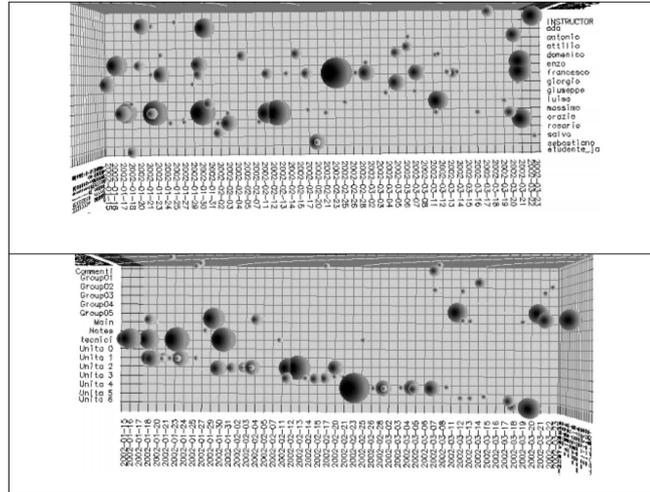
O *CourseVis* importa o registro de ações dos alunos a partir do CMS utilizado, mais especificamente, do WebCt² (ferramentas de cursos), recentemente adquirida pela *Blackboard*. O módulo *Student exporter* transforma os dados fornecidos pelo CMS em um formato XML, permitindo que os outros módulos sejam independentes do CMS que está sendo utilizado. Com o módulo *Domain Designer*, os instrutores definem o domínio do repositório do curso. O modelo de domínio é codificado em XML e contém uma lista de conceitos em que cada um está associado a um conjunto de páginas e provas de avaliação. A etapa de processamento de dados segue o modelo de visualização pipeline proposto por Card, Mackinlay e Shneiderman (1999), pela qual os dados armazenados no repositório passam por quatro etapas: a seleção dos dados relevantes, transformação dos dados, o mapeamento da visualização, e por fim, na transformação da visualização.

A Figura 20 mostra duas rotações que permitem a análise de diferentes relações, examinando o mesmo conjunto de dados, no qual certas características sociais dos estudantes

² Também conhecido como *Blackboard Learning System*, é uma linha exclusiva de ambiente virtual de aprendizagem licenciado para faculdades e outras instituições de ensino. Foi originalmente desenvolvido na *University British Columbia* por um membro do corpo docente do curso de Ciência da Computação.

podem ser identificadas. Por exemplo, é possível identificar que as discussões eram predominantemente iniciadas pelos estudantes, e dois indivíduos (Francesco e Massimo) tinham seus passos seguidos por outros.

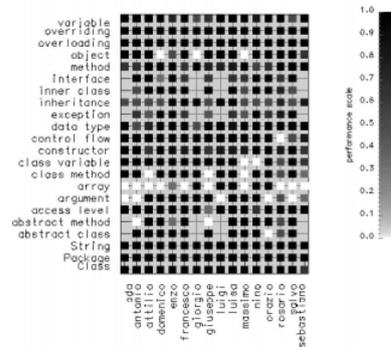
Figura 20 – Representação de discussões para analisar diferentes relacionamentos.



Mazza e Dimitrova (2003)

A Figura 21 mostra um exemplo que representa o desempenho dos alunos nos testes propostos pelo curso, no qual o conjunto de dados tem duas dimensões (nome do estudante e o conceito) e uma terceira dimensão é inserida para nível de conhecimento, sendo representada pelo uso das cores (quanto mais escura, maior o conhecimento do aluno). Este gráfico permite uma análise global dos alunos de acordo com os temas propostos pelo curso.

Figura 21 – Matriz de visualização do desempenho dos alunos.



Mazza e Dimitrova (2003)

A vantagem desta ferramenta é que ela utiliza técnicas de visualização de dados que

possibilitam que os dados sejam transformados em representações gráficas que podem ser exploradas por instrutores para examinar aspectos comportamentais, sociais e cognitivos. Possibilita também o acompanhamento do desempenho dos alunos, com relação ao nível de conhecimento em uma disciplina. Esta ferramenta apresenta as seguintes limitações:

1. Não utiliza técnicas de *Learning Analytics*;
2. Possui limitação com relação à plataforma de ensino, pois seu uso é limitado ao WebCt, recentemente adquirido pelo *Blackboard*;
3. Os gráficos são difíceis de serem interpretados, principalmente pelo fato de possuírem limitações em seu *design*, especificamente com relação às dimensões, cores e legendas, além de serem monocromáticos, o que dificulta a visualização quando existem muitos elementos. Também não são interativos, característica que poderia ajudar na interpretação de dados quando o gráfico apresenta um grande volume de informações.

3.3 *MOODLE Watchdog - MOODOG*

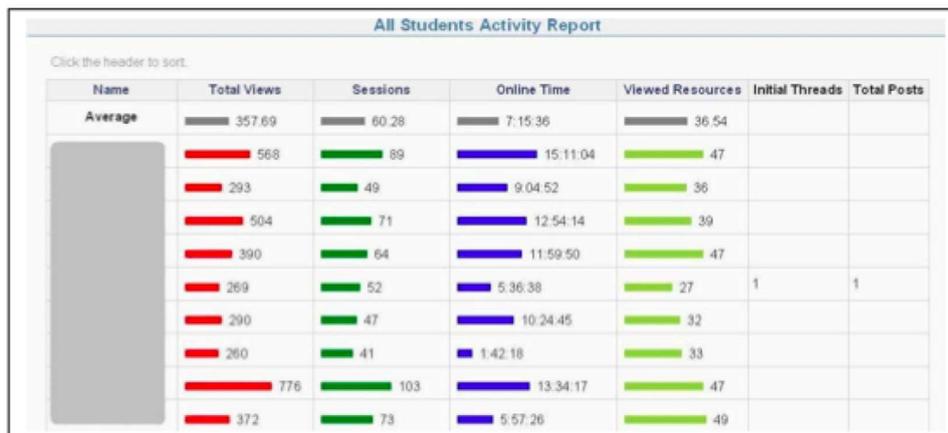
O *Moodle Watchdog (MOODOG)* é uma ferramenta de análise que tem como objetivo rastrear as atividades de aprendizagem dos alunos participantes de cursos *online*. Esta ferramenta possui dois objetivos:

1. Fornecer aos instrutores uma visão sobre como os alunos interagem com os materiais disponibilizados para o curso;
2. Possibilita aos alunos comparar seu próprio progresso no curso com relação aos outros alunos da mesma classe.

A ferramenta possibilita aos professores visualizar uma lista de estudantes que não visitaram um determinado recurso, tendo como opção, o envio de e-mail como alerta. Da mesma forma, a ferramenta possibilita o envio de e-mails automáticos, que servem como lembretes, incentivando ou instruindo os alunos a acessarem um recurso em um determinado período de tempo. *MOODOG* também disponibiliza alguns gráficos estatísticos sobre acesso às aulas, tempo de permanência e acesso a recursos (Figura 22).

A vantagem no uso desta ferramenta é que ela oferece aos alunos e professores, uma forma de visualizar a interação dos alunos com o material que foi disponibilizado e a possibilidade de o aluno comparar o seu progresso com alunos da mesma classe, além de exibir alguns gráficos estatísticos.

Figura 22 – Atividade de uso.



Zhang et al. (2007)

A principal desvantagem é a limitação que possui com relação aos gráficos disponibilizados, principalmente pelo fato de ser uma ferramenta que dá suporte limitado à visualização de dados, pois não possui interatividade e tem pouco impacto para a melhoria do *Design Instrucional*.

3.4 *Learning Activities Editor Tool*

Baseada na especificação do IMS – LD (SILVA, 2008), a *Learning Activities Editor Tool* (MEDEIROS et al., 2015), foi planejada como ferramenta de suporte a professores que precisam organizar o conteúdo e as atividades para serem aplicadas, assim como, para a integração de soluções propagadas em larga escala.

No entanto, a ferramenta possui algumas limitações: nenhuma informação referente à interação dos alunos com a disciplina/curso é armazenada, além de não ser possível fazer nenhum tipo de alteração ou adaptação no curso durante a sua realização. Essa limitação se deve, principalmente, pela utilização do IMS – LD, no qual todos os componentes de aprendizado são planejados com antecedência (KOPER, 2001).

3.5 *Vocational Education and Training*

O objetivo do Vocational Education and Training (VET) (*Vocational Education and Training*) é disponibilizar caminhos individuais de aprendizagem, implementando um cenário de decisão, no qual cada pessoa tem um caminho de acordo com o seu perfil. A definição do perfil é feita por meio de um QUIZ, que identifica as competências dos alunos, com o objetivo de indicar o melhor caminho que deverá seguir.

O processo de aprendizagem é modelado por meio de diagramas *Business Process Diagrams (BPD)* e *Business Process Management (BPM)*. A portabilidade dos serviços tornam esta abordagem vantajosa, pois os cursos são especificados na linguagem *XML for Process Definition Language (XPDL)*, possibilitando a exportação e utilização por várias ferramentas com suporte a mesma linguagem de construção de processos.

A vantagem na utilização desse modelo é o uso do BPM como especificação de *Design Instrucional*. No entanto, não existe nenhum mecanismo de adaptação para o modelo VET durante a execução do curso. Os alunos percorrerão os caminhos de acordo com as decisões que foram previamente planejadas e apresentadas.

3.6 Aprendizado adaptativo

De acordo com Dahbi, Elkamoun e Berraissoul (2013) existem duas formas de categorizar a aprendizagem adaptativa: apresentação adaptativa e navegação adaptativa. A primeira está diretamente relacionada com o conteúdo, ou seja, a mídia que um determinado objeto de aprendizado será apresentado ao aluno. Na navegação adaptativa, vai existir a adaptação entre os links para objetos de aprendizagem entregues a cada estudante.

Uma proposta de aprendizado adaptativo para sistemas e-learning é feita por Omrani, Harounabadi e Rafe (2011). O conceito de adaptação é considerado a partir de três pontos de vista: estilo de aprendizagem do aluno, pontuação do aluno e nível de conhecimento do aluno, possuindo uma abordagem baseada em Redes de Petri de Alto Nível, que considera a apresentação adaptativa e a navegação adaptativa.

Levando em consideração o modelo de Redes de Petri, cada lugar irá representar um capítulo, uma seção ou até mesmo um exemplo de algum conteúdo abordado, onde as marcas coloridas representam os alunos e a evolução do conteúdo é determinada pela transição. A cada transição, a cor da marca é verificada e a movimentação para a próxima marca é feita através da verificação da condição, construindo, desta forma, o caminho adaptativo. O início do caminho identifica o estilo de aprendizagem do aluno, onde as características de pontuação e os níveis de conhecimento dos alunos são atualizados com base na execução das tarefas.

Além das condições de transição e das características de cada aluno, as marcas possuem atributos para armazenamento do tempo de resposta, tempo de busca em uma unidade de aprendizagem, tempo de espera e tempo de realização de uma avaliação. Levando em consideração as seções apresentadas na Figura 23, é apresentada a Rede de Petri Colorida correspondente na Figura 24.

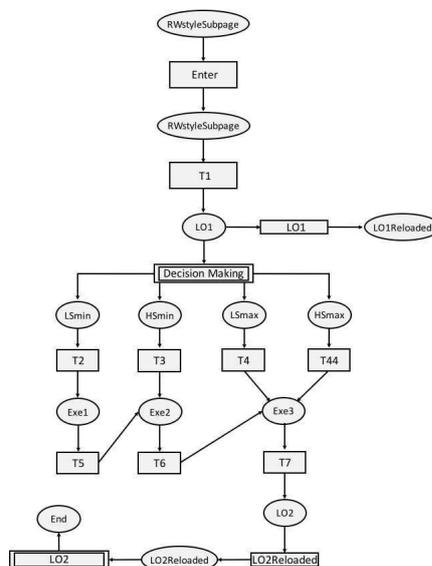
Figura 23 – Exemplo de Seções Apresentadas aos Alunos

Introdução
Conteúdo 1
Exemplo 1
Exemplo 2
Conteúdo 1.1
Conteúdo 2
Exemplo 3
Exemplo 4
Exemplo 5
Exemplo 6
Conteúdo 2.1
Conclusão

Dahbi, Elkamoun e Berraissoul (2013)

As vantagens que são apresentadas pelo modelo proposto é a base em Redes de Petri, que oferece um método formal para adaptação, onde o caminho é identificado por meio da transição com suas funções de guarda.

Figura 24 – Redes de Petri Correspondente ao Exemplo



Dahbi, Elkamoun e Berraissoul (2013)

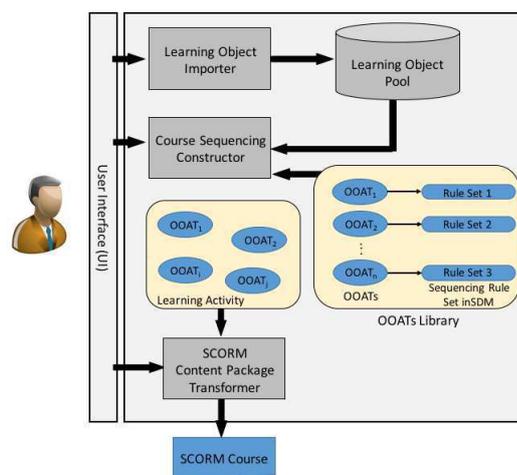
O modelo é adaptativo e permite que o aluno siga o caminho mais adequado levando em consideração o seu perfil de aprendizagem. É necessário definir um modelo com todos os caminhos possíveis para todos os estilos de aprendizagem.

3.7 OOCM (Object Oriented Course Modeling)

O OOCM é uma ferramenta utilizada para a construção de cursos compatíveis com o padrão SCORM, que utiliza Redes de Petri de Alto Nível para a modelagem do sequenciamento básico de componentes, denominado OOAT (Object-Oriented Activity Tree).

Com base na arquitetura apresentada na Figura 25, os objetos de aprendizagem SCORM são importados para a base de dados de OAs. Em seguida, é gerado um grafo (estrutura do curso) que foi previamente selecionado da biblioteca de OOATs, onde finalmente é transformada em uma Activity Tree e em um padrão SCORM. Para isto, são utilizados os algoritmos PN2AT e AT2CP. O algoritmo PN2AT é responsável pela transformação dos OATs modelados com Redes de Petri de Alto Nível (Rede de Petri Colorida) em uma estrutura de árvore (AT – Activity Tree), levando em consideração as regras de sequenciamento conforme a exigência do padrão SCORM. O algoritmo AT2CP tem como objetivo transformar a AT em um curso com recursos educacionais físicos compatíveis do padrão SCORM utilizando a linguagem XML.

Figura 25 – Arquitetura da ferramenta de autoria OOCM



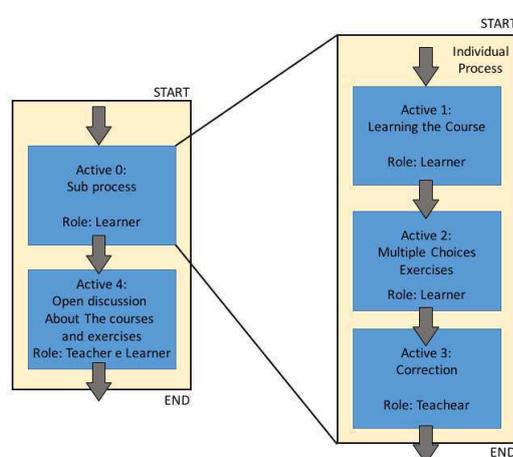
Vantroys e Peter (2003)

Embora seja possível fazer o sequenciamento de curso por meio de um padrão SCORM tendo como base o formalismo de Redes de Petri, não é possível fazer o acompanhamento das atividades em tempo de execução, nem mesmo realizar alterações durante a realização de um curso. COW (Cooperative Open Workflow)

É um sistema workflow flexível que disponibiliza caminhos de aprendizagem em um LMS (Learning Management System), e possui diferentes tipos de aprendizagem, possibilita o reuso de cursos existentes e modelos de atividades, redefinição dinâmica de caminhos de aprendizagem e atividades colaborativas (Vantroys, 2003).

A Figura 26 evidencia o sequenciamento de atividades que são apresentadas aos alunos. É possível observar que existem dois processos. No processo do lado direito, existem três atividades: *Learning the course*, *multiple choices exercises* e *correction*. Estas atividades formam um processo separado que será executado individualmente por cada um dos alunos. A atividade *Open Discussion about the Course and the Exercises* é um processo executado de forma colaborativa que envolve professores e alunos, permitindo, desta forma, atividades individuais ou colaborativas que são realizadas através da especificação de subprocessos dentro de um processo geral.

Figura 26 – Sequenciamento de Atividades



Vantroys e Peter (2003)

A ferramenta COW apresenta uma limitação na inserção de uma atividade pré-requisito em um curso em tempo de execução. Desta forma, não é possível fazer o acompanhamento do desempenho dos alunos em tempo de execução, quando existe uma alteração no Design Instrucional. Outra limitação apresentada pela ferramenta é que, para o curso ser visualizado, é necessário que seja exportado para o padrão IMS-LD, e como esse processo não é realizado automaticamente, é necessário um tempo entre a criação de uma atividade e sua disponibilização.

3.8 MOS Solo

De acordo com Vahldick et. al. (2007), para atingir os objetivos de aprendizagem é preciso muito mais que a utilização de ferramentas de autoria de materiais para sistemas e-learning. É necessário estruturar o material e planejar o momento em que ele deve ser entregue ao aluno.

A proposta desse trabalho segue o modelo 4C/ID (*Four Component Instructional Design*), na qual a aula poderá ser dividida em quatro componentes: informações de

apoio, tarefas para o aprendizado, informação JIT (Just In Time) e práticas parciais (exercícios práticos para a fixação do conteúdo). Além disso, é utilizado o padrão de sequenciamento SCORM, no qual o material instrucional deverá estar em um formato possível de ser apresentado em um navegador web. O conteúdo deverá ser compactado com os seguintes arquivos: atividades de aprendizado, a organização do conteúdo e a sequência das atividades.

Com a utilização do SCORM é possível criar regras para a apresentação de uma atividade, ou seja, uma atividade só poderá ser apresentada se uma ou um conjunto de atividades for concluído.

No MOS Solo os cursos são criados em um editor baseado em HTML, onde é possível modelar quatro tipos de atividades: de avaliação, de conteúdo, de sequência e de treinamento. A facilidade de utilizar um editor padronizado em HTML, além do sequenciamento por meio de configurações são as maiores vantagens da utilização do MOS Solo. No entanto, não existe nenhuma forma de adaptação de curso e a inclusão ou alteração de atividades necessárias durante a execução de um curso, impossibilitando o acompanhamento do desempenho dos alunos durante a execução de um curso.

3.9 COOPER (Collaborative Open Environment for Project Centered Learning)

Spoelstra et. al. (2008) proporam uma ferramenta chamada COOPER (Collaborative Open Environment for Project Centered Learning) que como objetivo fornecer um ambiente de aprendizagem para pessoas que estão separadas geograficamente. O sistema possui um design semelhante ao processo de aprendizagem, pois considera tarefas realizadas individualmente ou em grupos, além de levar em consideração tarefas organizadas que possuam um determinado objetivo. Isso faz com que o sistema COOPER possua a característica de um sistema workflow.

A ferramenta tem como objetivo permitir o aprendizado double-loop, pois envolve as próprias variáveis de aprendizado, resultando em mudanças pela detecção e correção de erros. Essa proposta possui a vantagem de alterações no Design Instrucional durante a execução de um curso, facilitando o acompanhamento do aluno em tempo de execução. No entanto, as verificações sobre o impacto destas mudanças sobre o fluxo de atividades do workflow não são verificadas.

3.10 Análise das Pesquisas Correlatas

Com o objetivo de avaliar produtos existentes no mercado, a análise de das pesquisas correlatas coleta as diretrizes, princípios e práticas de um bom *design* para o desenvol-

vimento de um novo produto (BORCHERS, 2000). Por meio desta técnica, é possível encontrar características e funcionalidades úteis que devem ser mantidas na concepção de um novo produto e aquelas que devem ser evitadas. Esta análise também pode ajudar na identificação de problemas de usabilidade, fazendo com que os erros não sejam repetidos.

A análise de concorrência foi realizada com o objetivo de extrair características dos produtos analisados, avaliando os pontos fortes e fracos de cada um e identificar aqueles que mais se aproximam dos requisitos definidos: *Software* livre, suporte à visualização de dados, interatividade, interface customizável, suporte à base de dados (CSV, XLS, MySQL) e Filtros.

1. Acompanhamento em Tempo de Execução;
2. Redes de Petri;
3. Integração com *Learning Analytics*;
4. Suporte à visualização de dados;
5. Interatividade;
6. Filtros;
7. Interface Customizável.

A Tabela 1 mostra o comparativo entre os trabalhos relacionados e a proposta de visualização de dados.

Tabela 1 – Comparação dos trabalhos relacionados

	1	2	3	4	5	6	7
Proposta de Visualização de Dados	X	X	X	X	X	X	X
Signal	X			X	X		X
CourseVis	X			X	X		
Moodog	X			X			
Learning Activities Editor Tool	X	X	X				
VET			X			X	X
Aprendizado Adaptativo	X		X	X			
OOCM			X	X			
COW	X			X		X	
MOS Solo		X		X			
COOPER	X	X				X	

3.11 Considerações Finais

Foi visto neste capítulo que a ferramenta *Signals* tem como objetivo aumentar o sucesso do aluno em um determinado curso por meio de sinais semelhantes a semáforos. Para

isto, a ferramenta utiliza as cores verde, amarelo e vermelho para caracterizar a situação dos alunos.

A *CourseVIs*, auxilia o professor (por meio de visualizações) a compreender as necessidades dos alunos. Suas principais limitações são: a não utilização de *Learning Analytics* e a utilização de gráficos confusos e difíceis de serem interpretados.

Moodog é uma ferramenta de análise que rastreia as atividades de aprendizagem dos alunos, e tem como objetivo permitir que os alunos comparem seu progresso. Ela também disponibiliza aos professores uma visão sobre a interação dos alunos com os materiais disponibilizados. Esta ferramenta apresenta algumas limitações, como por exemplo, suporte limitado à visualização de dados, conseqüentemente, oferecendo gráficos limitados e com pouco ou nenhum impacto para a melhoria do *Design* Instrucional. A outra desvantagem é a limitação que possui com relação ao uso da plataforma de ensino, limitando-se ao *MOODLE*.

O OOCM é uma ferramenta utilizada para a construção de cursos compatíveis com o padrão SCORM, que utiliza Redes de Petri de Alto Nível para a modelagem do sequenciamento básico de componentes, denominado OOAT (*Object-Oriented Activity Tree*).

O COW (*Cooperative Open Workflow*) é um sistema workflow flexível que disponibiliza caminhos de aprendizagem em um LMS (*Learning Management System*), e possui diferentes tipos de aprendizagem, possibilita o reuso de cursos existentes e modelos de atividades, redefinição dinâmica de caminhos de aprendizagem e atividades colaborativas (Vantroys, 2003).

A proposta do MOS Solo segue o modelo 4C/ID (*Four Component Instructional Design*), na qual a aula poderá ser dividida em quatro componentes: informações de apoio, tarefas para o aprendizado, informação JIT (*Just In Time*) e práticas parciais.

A COOPER (Collaborative Open Environment for Project Centered Learning) tem como objetivo fornecer um ambiente de aprendizagem para pessoas que estão separadas geograficamente. O sistema possui um design semelhante ao processo de aprendizagem.

Os trabalhos apresentadas mostram uma deficiência, principalmente pelo fato de não oferecerem um suporte visual adequado, e que possibilite ao professor melhorar o *Design* Instrucional de um curso, tanto em tempo de execução, como no planejamento de novos cursos ou novas edições de cursos já realizados.

Capítulo 4

Proposta de Visualização de Dados para Acompanhamento de Cursos

O presente capítulo apresenta uma proposta de visualização de dados para o acompanhamento dos cursos, assim como seu processo de desenvolvimento com base nas técnicas de visualização de dados. Também foi apresentada a descrição detalhada da abordagem utilizada para o desenvolvimento do DaVID, incluindo a arquitetura e modelagem dos dados.

4.1 Introdução

O uso de ambientes virtuais de aprendizagem vem se tornando cada vez mais frequente, e os dados que são gerados nestes ambientes não são explorados adequadamente, o que dificulta a geração de indicadores da qualidade dos programas de formação. Quando esses dados são devidamente tratados e analisados, podem identificar importantes conhecimentos acerca das turmas, do nível de comprometimento e motivação dos alunos, fatores que podem influenciar diretamente no processo de aprendizagem do aluno em questão.

Partindo deste ponto de vista, os dados computacionais que foram gerados e as informações que foram processadas, podem ser utilizados por especialistas ao serem exibidas como resumo dos dados em forma de visualizações gráficas adequadas, possibilitando uma rápida interpretação e percepção de indicativos importantes dos cursos e seus alunos. Este trabalho tem como objetivo apresentar uma proposta de visualização de dados que atenda estes requisitos. O processo de desenvolvimento da proposta baseou-se nas seguintes hipóteses:

1. Todo curso é realizado por uma sequência de atividades;
2. Um aluno poderá realizar o curso de diversas formas, seguindo a sequência mais adequada ao seu perfil;

3. Para cada aluno, a realização de uma atividade gera certos valores (prazo para realização, tempo de realização, conceito, etc.);
4. Cada atividade possui atributos específicos (tipo de atividade, prazo previsto, nível de dificuldade, etc.);
5. Cada aluno possui um perfil, que pode ser definido por dados básicos (idade, sexo, região, origem escolar, etc.).

Além das hipóteses apresentadas, foram definidas metas de *design* para a visualização de dados. Isto envolveu a definição de objetivos a serem alcançados com base nos dados disponíveis. Estes objetivos são:

1. Gerar visualizações de dados com base no perfil do aluno;
2. Identificar se o *Design* Instrucional (DI) está adequado;
3. Identificar atividades que impactam de forma negativa;
4. Identificar os caminhos mais utilizados para a conclusão de um curso;
5. Identificar caminhos ou atividades problemáticos;
6. Identificar os caminhos com maior índice de sucesso;
7. Identificar os tempos mínimo, médio e máximos de realização de uma atividade.

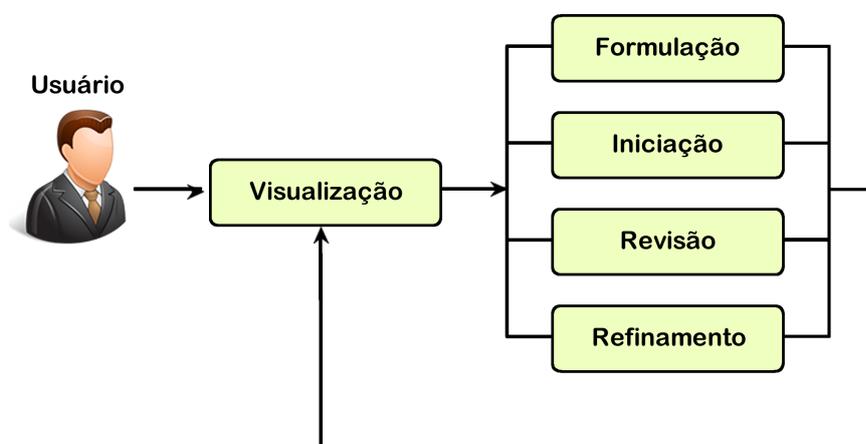
Durante as fases iniciais do planejamento da proposta de visualização de dados, foram identificados alguns desafios que impactaram a forma como responder essas perguntas. Estes desafios incluem:

1. Há um grande conjunto de dados que precisa ser apresentado de forma compreensível. O desafio é apresentar estes dados de tal forma que a informação solicitada possa ser percebida como um todo, possibilitando ao professor/instrutor tomar as providências necessárias. Como há vários alunos matriculados em uma disciplina/curso, deverá haver formas de visualização coletiva e individual da informação;
2. Existe um número de elementos no conjunto de dados que pode fornecer um contexto importante para a consulta. Estes incluem idade, sexo, região, histórico acadêmico anterior e estado civil;
3. A proposta de visualização de dados deverá servir tanto para o planejamento de novas edições de um curso, por meio dos dados históricos de todas as edições anteriores deste curso, como para o acompanhamento de um curso em execução, dispondo, em tempo real, de todos os resultados parciais do curso. O DaVID será utilizado por professores e/ou instrutores.

Desenvolver um projeto de visualização que atenda os objetivos apresentados, é um processo iterativo de concepção e experimentação.

Durante o processo de desenvolvimento da proposta de visualização de dados, cujo objetivo era criar uma interface simples para o usuário, foi necessário dividi-lo em fases que se repetiram devido ao processo de refinamento e exploração. Sallaberry et al. (2010) discute esta questão sugerindo que existem quatro fases distintas dentro do processo de desenvolvimento usando técnicas de visualização (Figura 27): formulação, iniciação, revisão dos resultados e refinamento.

Figura 27 – Interação do usuário durante as fases.



Fonte: Sallaberry et al. (2010)

A primeira fase (formulação) serve para determinar como será utilizado o módulo de visualização de dados. A segunda fase (iniciação) corresponde ao início do processo e tem como objetivo definir o tipo de interação que o usuário terá com a interface. A terceira fase (revisão dos resultados) serve para definir se o sistema está adequado e atendendo as necessidades do usuário ou se é necessário fazer algum ajuste. Na última fase (refinamento), o usuário, durante a fase de revisão, decide se será necessário passar por um processo de refinamento. Caso seja necessário, todo processo deverá ser repetido, passando por uma reformulação.

4.2 DaVID - Módulo de Visualização de Dados Educacionais

O DaVID trabalha com dois tipos de análises de dados: análise dos dados *online* e análise dos dados *off-line*. A visualização de dados *online* se aplica aos cursos analisados em tempo de execução, ou seja, os cursos que o professor/instrutor acompanha durante a realização das atividades por cada um dos alunos. Desta forma, o professor consegue

identificar, em tempo de execução, os possíveis problemas existentes no DI daquele curso. Para a visualização *online*, foram utilizados:

1. Fichas dos alunos

- a) Dados pessoais: nome, endereço, sexo, idade, escola de origem;
- b) Dados gerais do curso em andamento: Rede de Atividades (RA) do curso ou disciplina, lista de alunos que estão cursando, dados de cada atividade (tipo, duração, pré-requisito, pós-requisito, nota);
- c) Dados específicos do curso: para cada aluno, o histórico do caminho das atividades já realizadas. Atividades em execução e caminho restante para o término do curso.

Objetivos

1. Visualizar a situação do curso em andamento;
2. Visualizar a situação de cada aluno com base em seu rendimento;
3. Visualizar a situação de cada aluno de acordo com os prazos.

A análise dos dados *off-line* é feita a partir de dados históricos de cursos já realizados. Na análise *off-line* o objetivo é encontrar padrões que possam identificar possíveis problemas no DI de um curso/disciplina para, com isso, dar suporte a uma nova edição do curso. Os dados de um curso já realizado para o *Learning Analytics* são os dados referentes a todas as informações sobre a realização de um certo curso. Neste caso, existem duas situações:

1. Dados gerais para cada edição passada de um curso;
2. Junção de todas as edições passadas.

O DaVID dá suporte para a utilização dos dados nas duas situações. Para a realização do estudo de caso, foi desenvolvido um módulo de importação de dados, que teve como objetivo se conectar ao banco de dados utilizado pelo AVA da instituição objeto deste estudo. O módulo de importação se conecta a um Banco de Dados (BD) *MySQL*, onde a seleção dos atributos foi feita de acordo com os dados analisados (nome do aluno, idade, sexo, atividades, data de realização da atividade, escola de origem, entre outros). Para a obtenção dos dados de várias edições do mesmo curso, é necessário selecioná-los a partir de um intervalo de data (Figura 28).

Figura 28 – Módulo de importação de dados.

Selecionar Banco de Dados
/Users/douglas/Documents/BD.sql ... Conectar

Entidades: Aluno Data Início Data Fim Exportar para: MySQL CSV Importar

IdAluno NomeAluno Sexo EstadoCivil EscolaOrigem DataNascimento Identidade CPF Endereco CEP Bairro

Selecionados
Todos

Fonte: Autor (2017).

Para esta análise são utilizados os seguintes dados:

1. Sucesso/Insucesso do curso como um todo: registra o resultado (sucesso/insucesso) de todos os caminhos utilizados pelos alunos para a realização das atividades;
2. Pontos críticos: atividades que apresentaram menor índice de aproveitamento por parte dos alunos;
3. Caminhos por perfil: identifica os caminhos de sucesso e insucesso com base em um perfil definido;
4. Combinação de perfis: possibilita combinar de diversas formas os caminhos escolhidos (de maior sucesso e menor sucesso) com base nos perfis selecionados.

4.3 Arquitetura do Sistema

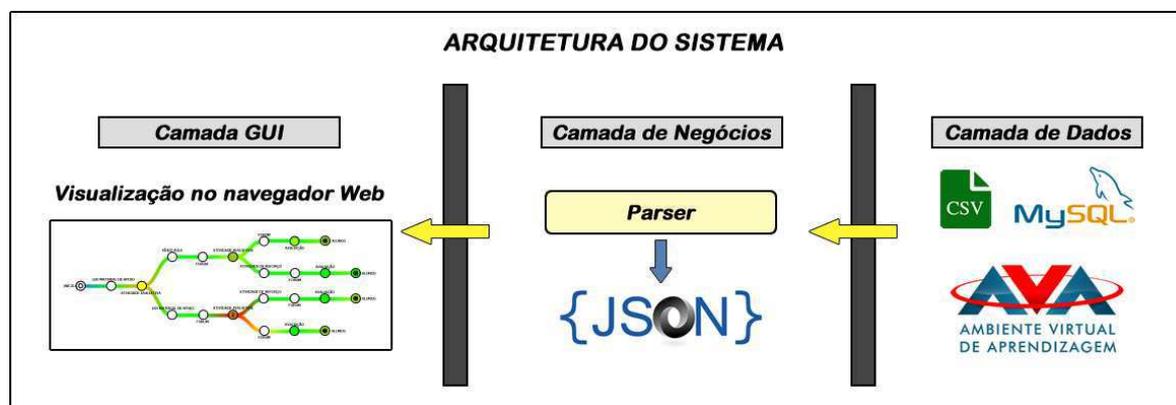
De acordo com Sommerville (2011), a arquitetura de software é a descrição da organização de um sistema, onde as prioridades do software (segurança, performance e disponibilidade) são influenciadas pela arquitetura escolhida. A arquitetura escolhida para a proposta do módulo de visualização de dados foi baseada na estrutura em três camadas. Dentre os motivos que influenciaram essa escolha, destacam-se:

1. Desenvolvimento ágil, simples e com baixo custo para implementação;
2. As informações referentes a conexão com o banco de dados ficam mantidas apenas no serviço, de modo a simplificar a sua manutenção;

3. Centralização da camada de acesso aos dados, possibilitando a atualização em apenas um local, eliminando a necessidade de distribuição de componentes aos clientes com o surgimento de novas atualizações nesta camada;
4. Organização e facilidade de compreensão do código;
5. Reusabilidade.

A arquitetura apresentada na Figura 29, está dividida em três camadas: camada de apresentação, camada de negócios e camada de dados. A camada de apresentação é a responsável pela interface com o usuário. A camada de negócios é responsável pela implementação das funcionalidades do sistema, e a camada de dados fornece o acesso e a comunicação com o banco de dados. Cabe salientar, que a camada de apresentação é a mais importante, pois ela disponibiliza a comunicação entre usuários e o sistema (Sommerville, 2011). Prates e Barbosa (2003) afirmam que o usuário identifica a interface como sendo o sistema, pois a interface gráfica determina a qualidade do sistema, e não a arquitetura, o algoritmo e estruturas de dados. A interação do usuário com o sistema é feita apenas na camada responsável pela interface gráfica, na qual pode ser desenvolvida de forma independente das demais camadas.

Figura 29 – Arquitetura do Protótipo.



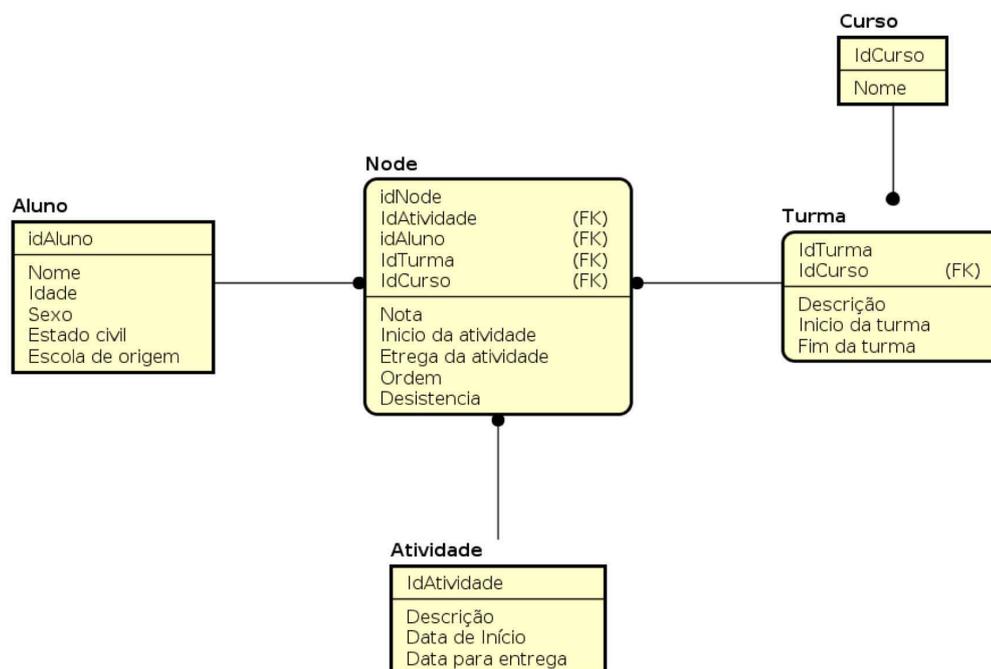
Fonte: Autor (2017).

De acordo com a Figura 29, a base de dados fica armazenada na camada de dados. Para que os dados provenientes do arquivo CSV ou MySQL possam ser visualizados pela camada de apresentação, é necessário passar por uma transformação na camada de negócio, na qual será realizado um parser para o formato JSON¹ para que os dados

¹ JSON (JavaScript Object Notation) é um modelo para armazenamento e transmissão de informações no formato de texto, muito utilizado por aplicações web devido a sua capacidade de estruturar informações de uma forma bem mais compacta do que a conseguida pelo modelo XML, tornando mais rápido o parsing das informações.

possam ser utilizados na visualização. O banco de dados está organizado de acordo com a modelagem apresentada na Figura 30.

Figura 30 – Modelagem do Banco de Dados.



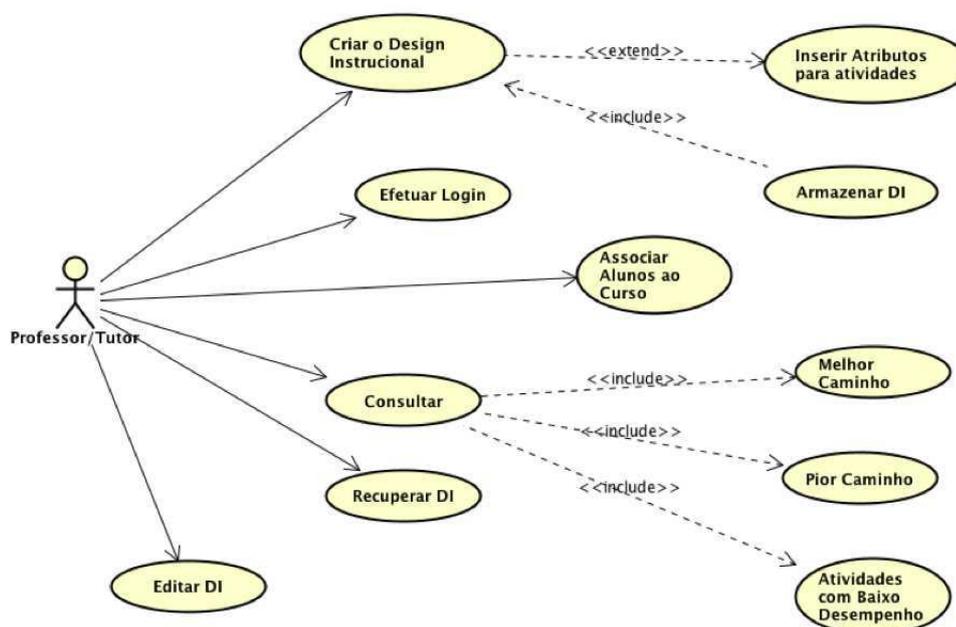
Fonte: Autor (2017).

A camada de negócio é a responsável por analisar e interpretar os dados contidos nos arquivos vindos da camada de dados. Em seguida, os dados são encaminhados para a camada de apresentação, responsável por gerar a interface gráfica, eliminando a preocupação com a estrutura dos dados ou de onde eles vêm. A única preocupação será com a representação dos dados e qual a melhor técnica para visualizá-los.

Como a interface não possui uma relação direta com a camada de dados, é possível gerar, para uma mesma estrutura de dados, vários tipos de visualização de dados, facilitando a interpretação e o entendimento desses dados, auxiliando o usuário na correta tomada de decisão, pois estes interpretam o mesmo problema de várias formas distintas, com base na forma como as informações são apresentadas.

Os requisitos funcionais do DaVID podem ser visualizados por meio do diagrama de caso de uso apresentado na Figura 31. Com base nos requisitos funcionais, existem dois atores envolvidos (professor e tutor). Os atores Professor e Tutor efetuam o login no sistema e, a partir dessa ação, é possível criar o DI do curso e acompanhar o desempenho do aluno. O acompanhamento pode ser feito a partir de dados históricos de cursos já realizados e em tempo de execução, a partir da realização de uma nova edição do curso.

Figura 31 – Diagrama de Caso de Uso do protótipo de visualização de dados.



Fonte: Autor (2017).

Além dos requisitos funcionais, também são especificados os requisitos não funcionais (RNF). São eles:

1. RNF 1 - Segurança: as informações só podem ser acessadas por pessoas autorizadas por meio de usuário e senha previamente cadastrados.
2. RNF 2 – Usabilidade: o protótipo deverá apresentar uma interface amigável e intuitiva, e as informações deverão ser apresentadas via browser, o que pode permitir maior interação com ambientes virtuais de aprendizagem, como o Moodle, por exemplo.
3. RNF 3 – Portabilidade: o protótipo deverá ser acessado por qualquer browser, independente de sistema operacional.
4. RNF 4 – Requisitos de Escala: não deverá existir limite para o número de usuários, a não ser que o limite seja imposto pela tecnologia, ou seja, o banco de dados utilizado.
5. RNF 5 – Software: a proposta de visualização de dados foi implementada utilizando a tecnologia D3.js, com suporte a MySQL e CSV.

O módulo de visualização de dados foi desenvolvido de modo que todas as informações necessárias estejam disponíveis em uma única tela, proporcionando um ambiente compacto e interativo. Atendendo as hipóteses apresentadas no início deste capítulo, foi

desenvolvido um módulo de visualização de dados que dá suporte ao professor no acompanhamento do curso levando em consideração as várias possibilidades de caminhos que o aluno pode percorrer para a conclusão do mesmo.

Geralmente, um *Design Instrucional* (DI) disponibiliza vários caminhos para a realização de um curso. Esses caminhos são apresentados como um grafo dirigido acíclico com um único ancestral (árvore), cujos nós representam atividades e as arestas as relações de pré-requisito e pós-requisito entre as atividades (Figura 32). O último nó representa os alunos que chegaram ao final do curso por um caminho específico, e a cor representa o desempenho destes alunos.

Figura 32 – Visão parcial dos possíveis caminhos de um Design Instrucional.



Fonte: Autor (2017).

São utilizadas cores para caracterizar o desempenho do aluno quanto a um conceito ou um prazo. A cor atribuída a cada nó, que representa uma atividade específica, está diretamente relacionada ao desempenho do grupo de alunos naquela atividade, ou seja, pega-se a tonalidade da cor, associada a uma nota, para cada aluno e calcula-se a média da tonalidade do grupo (Figura 33).

Figura 33 – Cores dos nós.

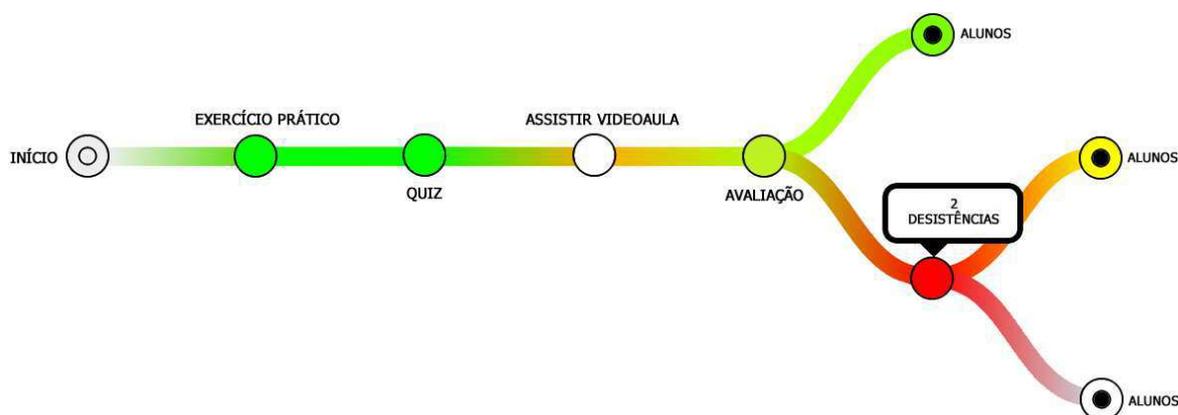


Fonte: Autor (2017).

Para os alunos desistentes e para as atividades que não possuem conceitos (nota), é atribuída a cor branca (Figura 34).

Os últimos nós representam os alunos que concluíram ou desistiram do curso, e para estes foi atribuída outra forma para diferenciar das atividades, e suas respectivas cores estão diretamente relacionadas ao desempenho obtido durante a realização do curso.

Figura 34 – Identificação do aluno desistente.

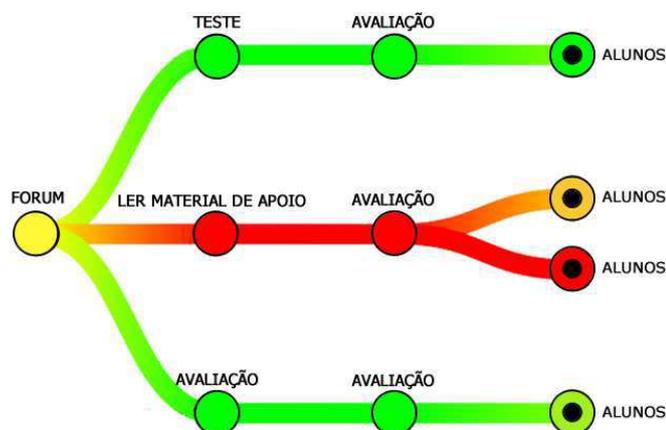


Fonte: Autor (2017).

Cabe salientar, que existe a possibilidade de um curso ter muito alunos, dependendo da categoria do mesmo, como em um curso EaD, por exemplo. Caso um curso tenha 1500 alunos matriculados, por exemplo, o módulo de visualização de dados apresentaria problemas para a exibição de todos os alunos que concluíram o curso, pois as informações relacionadas aos alunos, no último nó, ficariam sobrepostas devido o elevado número de alunos.

Pensando nisto, é possível configurar o módulo para que não seja exibido o conjunto de alunos que concluíram o curso ao final da visualização. Desta forma, será exibido apenas um nó ao final de um caminho específico, pelo qual este representaria os alunos que concluíram o curso, e a cor deste estaria de acordo com os critérios apresentados anteriormente para a representação do desempenho do grupo de alunos (Figura 35).

Figura 35 – Informação compactada dos alunos.



Fonte: Autor (2017).

Ao clicar no nó que representa os alunos, será exibida uma tela com a listagem de todos os alunos que concluíram o curso por um caminho específico. É possível observar na Figura 36, que para cada um dos alunos que concluiu o curso pelo Caminho 1 é exibida uma representação gráfica que indica o caminho percorrido, no qual cada círculo representa uma atividade e a cor representa o desempenho.

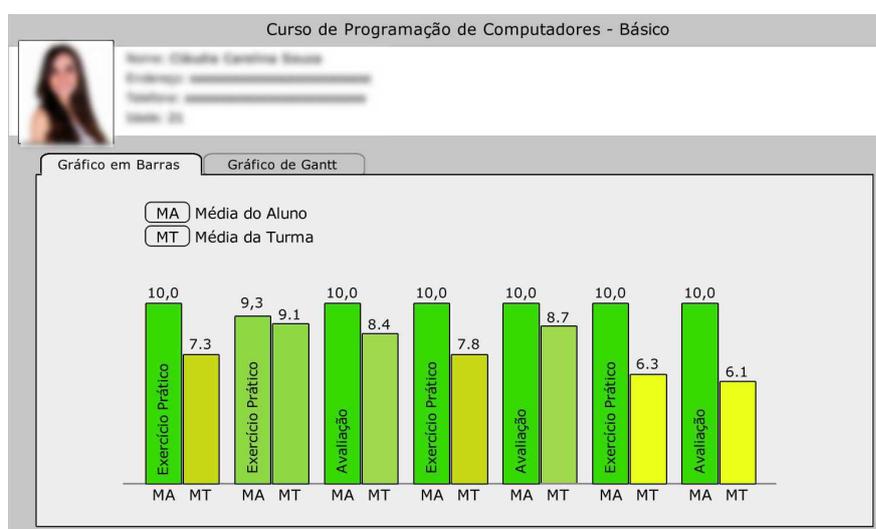
Figura 36 – Lista de alunos que concluíram o curso por um caminho específico.



Fonte: Autor (2017).

Caso o professor queira ver mais detalhes sobre o desempenho de um aluno específico, basta clicar no nome do aluno que serão exibidas informações detalhadas sobre cada uma das atividades realizadas, incluindo notas, tempo gasto em cada atividade, além de informações pessoais, tais como: idade, sexo, escola de origem, etc. (Figura 37).

Figura 37 – Detalhes do aluno – Gráfico em Barras.



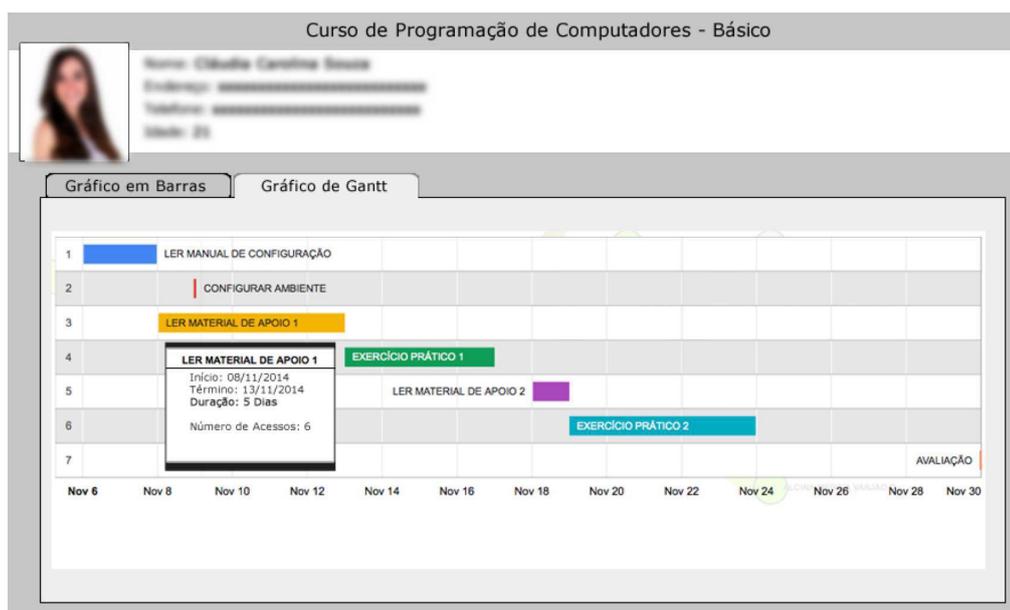
Fonte: Autor (2017).

Na tela que apresenta os detalhes do aluno, são disponibilizadas duas abas que tem como objetivo detalhar o desempenho do aluno em cada atividade. Na primeira aba, Gráfico em Barras, são disponibilizadas barras que representam o desempenho do aluno em cada atividade.

É possível observar na Figura 37 que são apresentadas barras lado a lado para cada atividade, estas barras representam o conceito do aluno em uma atividade e a média obtida pela turma na mesma atividade.

Na segunda aba, Gráfico de *Gantt*, é disponibilizado um gráfico com os detalhes sobre os prazos de realização de cada atividade. Este gráfico evidencia o tempo gasto em cada atividade por meio de uma linha do tempo, além de mostrar detalhes relacionados à execução de cada atividade, como por exemplo, a data de início da atividade, quando foi concluída, o número de acesso, o número de dias para a realização da atividade e nota (caso esta atividade possua nota) (Figura 38).

Figura 38 – Detalhes do aluno – Gráfico de Gantt.



Fonte: Autor (2017).

Além de listar os alunos por caminhos específicos, também é possível listar todos os alunos matriculados que concluíram o curso, independente de caminho. O módulo de visualização de dados permite que o professor, por meio da listagem completa, selecione um grupo de alunos de acordo com um critério pré-estabelecido, objetivando cruzar as informações obtidas por este grupo de alunos para encontrar padrões específicos. O professor pode ordenar a lista dos alunos por: melhor desempenho, pior desempenho, maior tempo para conclusão do curso, menor tempo para a conclusão do curso.

Também é possível utilizar um filtro, pelo qual o professor pode selecionar os alunos por intervalo de notas. As funcionalidades de ordem e filtro por intervalo de notas se encontram no lado esquerdo da tela apresentada na Figura 36.

Tomando como exemplo a possibilidade do professor ordenar a lista de alunos pela média final, o mesmo poderá selecionar um grupo específico de alunos, ou seja, supondo que ele selecione apenas os seis primeiros alunos, é possível gerar uma nova visualização com os caminhos que estes alunos percorreram para a conclusão do curso (Figura 39). O objetivo desta funcionalidade é identificar os caminhos de sucesso por meio das informações dos alunos que obtiveram maior rendimento. A mesma coisa pode ser feita para identificar os caminhos que apresentam problemas, os caminhos de sucesso e insucesso por perfil, por idade, por sexo, entre outras.

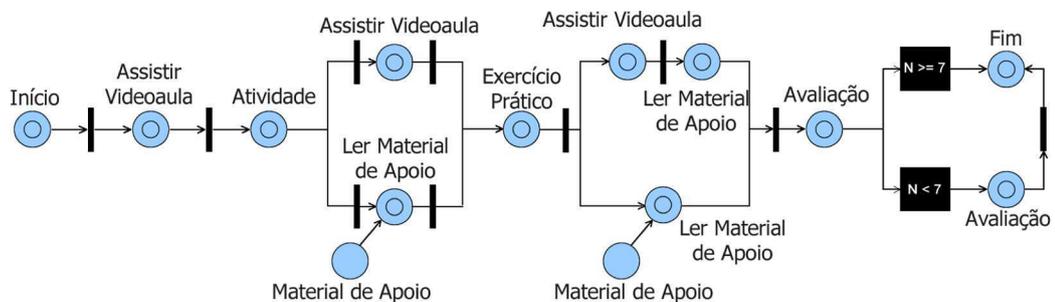
Figura 39 – Caminhos de sucesso com base em uma seleção prévia.



Fonte: Autor (2017).

A representação gráfica dos dados relativos à realização do *Design* Instrucional de um curso é feita a partir da Rede de Atividades de Alto Nível (RAAN) do curso em questão. A Rede de Atividades apresentada na Figura 40 representa o DI de um módulo específico de um curso de programação de computadores. Esta RA evidencia que o DI possibilita para o aluno 16 formas de concluir este módulo, caso o *Design* Instrucional leve em consideração a ordem das atividades em cada uma das bifurcações.

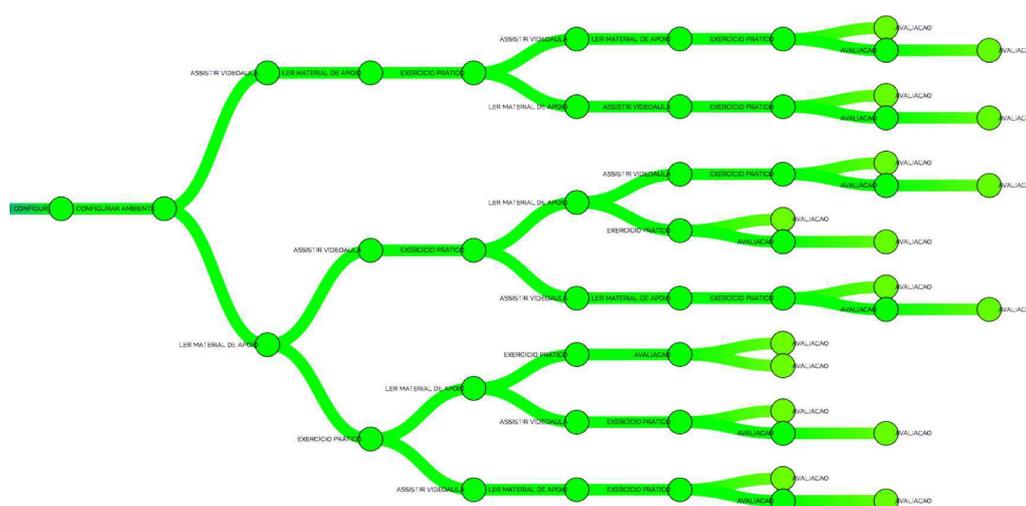
Figura 40 – Rede de Atividades de um curso de programação de computadores.



Fonte: Autor (2017).

A Figura 41 mostra como o módulo de visualização de dados representa graficamente os possíveis caminhos que um aluno pode percorrer para conclusão do curso com base na Rede de Atividade de Alto Nível (RAAN) apresentada. Na RAAN apresentada na Figura 40, é possível observar que existem duas bifurcações com atividades paralelas. Como o DI deste curso leva em consideração a ordem de execução destas atividades, existem 16 maneiras diferentes para a conclusão deste curso, como pode ser observado na Figura 41. Cabe salientar, que este exemplo evidencia todos os possíveis caminhos, e que na prática, só serão gerados os caminhos que forem percorridos pelos alunos.

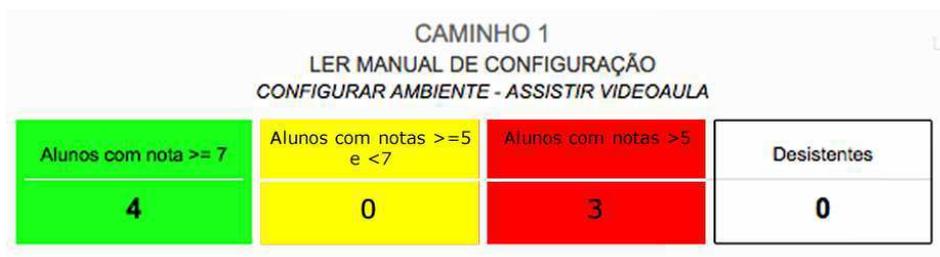
Figura 41 – Visualização completa dos caminhos possíveis de um curso.



Fonte: Autor (2017).

O usuário pode interagir com o módulo de visualização de dados por meio dos nós que representam as atividades. Para isto, é necessário clicar em uma atividade e a informação será exibida de acordo com o tipo de visualização escolhida. Existem duas formas de visualização em cada nó. A primeira está relacionada a quantidade de alunos que foram pelo caminho onde se encontra esta atividade. Esta visualização permite identificar o desempenho dos alunos por meio de quatro retângulos com cores sugestivas, na qual cada cor representa um conceito. Desta forma, os alunos que tiveram o conceito abaixo de 5 ficam representados pelo retângulo de cor vermelha. Os alunos que tiveram rendimento superior ou igual a 5 a abaixo de 7 ficam representados pelo retângulo de cor amarela e os alunos que tiveram rendimento igual ou superior a 7 ficam representados pelo retângulo verde. Os alunos desistentes são representados pelo retângulo branco (Figura 42).

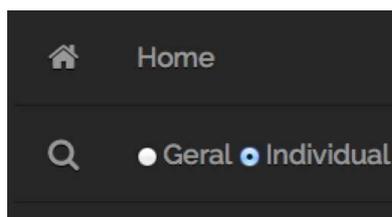
Figura 42 – Aproveitamento dos alunos em uma atividade.



Fonte: Autor (2017).

Um outro tipo de informação pode ser exibida ao clicar no mesmo nó. Para isto, é necessária uma configuração prévia no módulo de visualização (Figura 43), definindo como a informação deverá ser exibida.

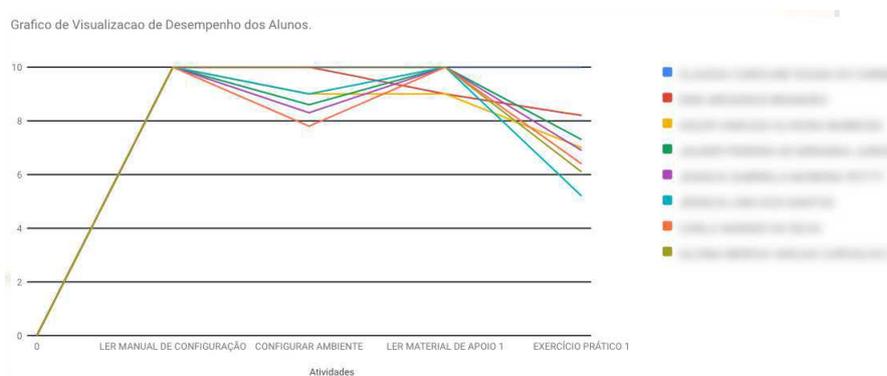
Figura 43 – Configuração de visualização por nó.



Fonte: Autor (2017).

A segunda opção de visualização corresponde a um gráfico de linhas, que mostra o desempenho do grupo de alunos até uma atividade específica (Figura 44).

Figura 44 – Visualização em linhas.



Fonte: Autor (2017).

Caso o professor queira ver o desempenho específico de um aluno, basta clicar no nome que corresponde este aluno e será evidenciado o desempenho deste aluno. Este tipo de visualização possui uma relevância quando se quer observar uma tendência de notas por grupo de alunos por um caminho específico ou um conjunto de atividades.

O módulo de visualização de dados possui uma área customizável que permite os usuários filtrar os dados, levando em consideração o perfil do aluno, gerando uma nova visualização com base neste filtro. Para isto, basta acessar o menu de configurações e inserir os parâmetros necessários para gerar a visualização de acordo com o perfil escolhido (Figura 45).

Figura 45 – Menu de configurações.



The image shows a dark-themed configuration menu with the following elements:

- Faixa etária
- Daltônico
- de até
- Sexo
- Masculino Feminino
- Estado civil
- Solteiro Casado
- Escola de origem
- Pública Particular
- OK button

Fonte: Autor (2017).

Esta seleção é importante para identificar tendências na escolha do *Design* Instrucional, pois será possível comparar os caminhos de sucesso e os caminhos problemáticos com base no perfil definido previamente.

Como dito anteriormente, os últimos nós representam os alunos que chegaram ao final do curso, podendo ser individual ou em grupo. Sendo assim, também é possível obter informações sobre um aluno ou grupo de alunos. O processo é o mesmo apresentado para os nós das atividades. Ao clicar no nó que representa o aluno, será exibido o gráfico de Gantt, que evidencia o tempo gasto, por aluno, em cada atividade (Figura 46).

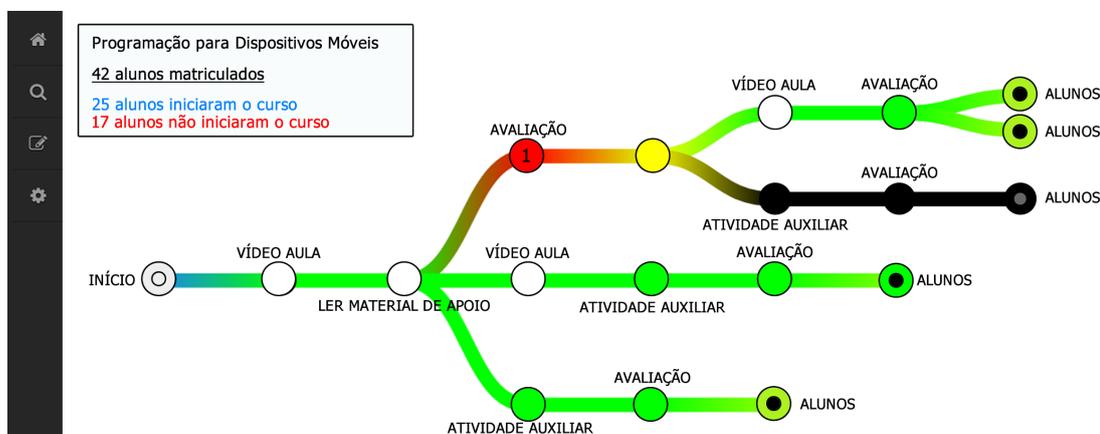
Figura 46 – Gráfico de Gantt com detalhes da realização das atividades.



Fonte: Autor (2017).

Com relação à visualização de dados *online*, a interação é semelhante a anterior. Entretanto, em termos de visualização, existem algumas diferenças, pois os caminhos serão gerados de acordo com a realização das atividades dos alunos, diferentemente do que foi mostrado anteriormente, no qual eram exibidos todos os caminhos percorridos pelos alunos até o final do curso (Figura 47).

Figura 47 – Visualização dos dados *online*.



Fonte: Autor (2017).

A medida que os alunos vão realizando as atividades, o subgrafo vai sendo gerado de acordo com os caminhos escolhidos pelos alunos. Os caminhos em preto significam que ninguém passou pelas atividades deste percurso e na medida que estas são realizadas, passam a ficar coloridas. Esta visualização é particularmente interessante para a visualização de certos perfis. Neste caso, o caminho preto mostra as opções que ninguém com aquele perfil escolheu. Além disso, é apresentado um quadro com informações sobre o número de alunos matriculados, o número de alunos que iniciaram o curso e o número de alunos que

ainda não iniciaram o curso. Estas informações são atualizadas em tempo real, evitando que o professor fique atualizando a página frequentemente.

As interações são feitas da mesma forma, ou seja, todas as informações apresentadas por meio das interações com cada nó (atividade) e cada nó (aluno), para a visualização dos dados históricos, estarão presentes com a visualização dos dados *online*.

Ao clicar no nó que representa o grupo de alunos de um certo caminho, será exibido um gráfico de linha do tempo que evidencia o progresso deste grupo. Este gráfico é ideal para análise em tempo de execução (*online*), pois ele mostra o progresso com relação aos prazos, evidenciando aqueles que estão atrasados ou adiantados com relação a uma atividade (Figura 48).

Figura 48 – Gráfico de linha do tempo.

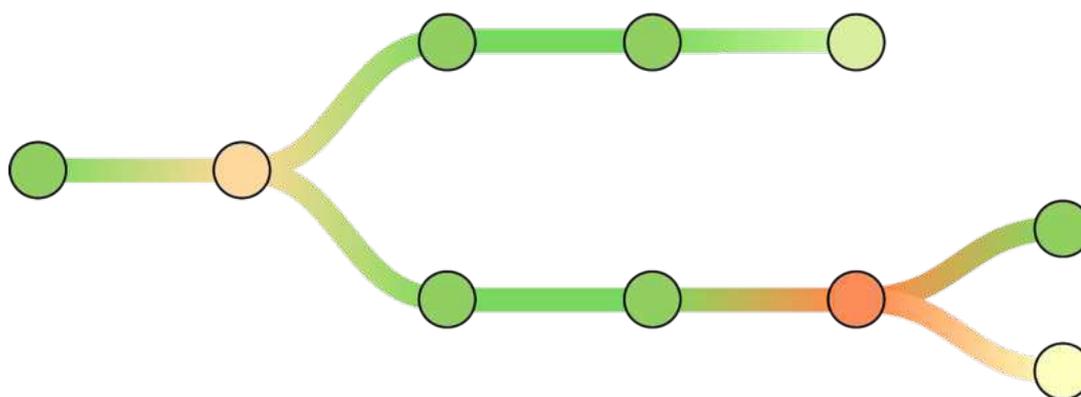


Fonte: Autor (2017).

A visualização de dados *online* é importante porque permite que o professor identifique um determinado problema em tempo de execução e, caso seja necessário, altere o *Design Instrucional* durante a realização do curso, evitando que aquela atividade se torne um “gargalo” e acabe gerando uma reação em cadeia, causando muitas reprovações e desistências.

Como o módulo de visualização de dados evidencia as informações por meio de gráficos e cores, o uso de cores pode ser um problema para usuários portadores de daltonismo, principalmente porque o DaVID utiliza as cores verde, amarela e vermelha como indicadores de desempenho. Para solucionar este problema, o DaVID permite configurar o ambiente para gerar a visualização com base numa escala de cores específicas para daltônicos (Figura 49). Essa função pode ser habilitada no menu de configurações.

Figura 49 – Visualização de dados com suporte para daltônicos.



Fonte: Autor (2017).

4.4 Considerações Finais

O uso de ambientes virtuais de aprendizagem vem crescendo significativamente nos últimos anos, e com isto uma grande quantidade de dados é gerada diariamente. Quando estes dados são tratados e analisados adequadamente, pode-se identificar tendências a respeito do desempenho e comprometimento de uma turma. A exibição destes dados em forma de visualizações gráficas possibilita uma rápida interpretação e percepção dos indicativos relacionados às turmas e aos alunos.

Com base nisto, este capítulo teve como objetivo definir uma proposta de visualização de dados que dê suporte ao professor na identificação de possíveis problemas no DI de uma disciplina, tanto em cursos *online* (em tempo de execução) como no planejamento de novas realizações de cursos. Durante o desenvolvimento do DaVID, foram definidos objetivos a seguir:

1. Gerar visualizações de dados com base no perfil de um aluno ou grupo de alunos: Isto foi possível graças ao desenvolvimento de um filtro que possibilita o usuário consultar, com base em alguns parâmetros, grupo de alunos por faixa etária, sexo, estado civil, escola de origem, entre outros.
2. A visualização de dados permite identificar se um DI está adequado a um curso em específico: O desenvolvimento do DaVID foi baseado no conceito de grafo dirigido acíclico, cujos nós representam atividades e as arestas as relações entre estas atividades. Desta forma, é possível gerar grafos que identificam o caminho percorrido por um aluno ou grupo de alunos, no qual foram atribuídas cores aos nós, que permitem identificar pontos críticos no DI de uma disciplina.

3. Identificar atividades que impactam de forma negativa: a identificação de uma atividade que não está adequada ao DI ou perfil do aluno é identificada por meio da utilização da cor vermelha no nó que representa esta atividade. A cor está diretamente relacionada ao desempenho do aluno (ou grupo de alunos) nesta atividade, levando em consideração a nota obtida na mesma.
4. Identificar os caminhos mais utilizados, problemáticos, e com maior índice de sucesso e insucesso: para alcançar este objetivo, foram utilizados filtros que permitem o professor selecionar um grupo de alunos com base em parâmetros pré-definidos.
5. Identificar os tempos mínimos, médios e máximos de realização de uma atividade: este objetivo é alcançado por meio da utilização de gráficos de Gantt, no qual a representação pode ser feita por aluno ou grupo de alunos.

No próximo capítulo serão apresentados os resultados obtidos por meio do estudo de caso dos cursos oferecidos pelo SENAC. Esta análise foi feita com dados históricos, de cursos já realizados, e com dados obtidos durante a realização dos cursos (em tempo de execução).

Capítulo 5

Metodologia

O presente capítulo apresenta a metodologia utilizada para a validação da proposta apresentada no capítulo anterior, evidenciando cada uma de suas fases, assim como, incluindo as técnicas e instrumentos utilizados para a coleta e análise dos dados.

5.1 Introdução

A metodologia utilizada para a validação do DaVID possui uma abordagem indutiva com escopo experimental, com um processo de análise estatística em que a natureza das variáveis é quantitativa, nas quais foram utilizadas para analisar o nível de eficiência com relação à identificação de eventuais problemas no *Design* Instrucional (DI) de um curso, assim como no aproveitamento dos alunos em uma disciplina/curso após a identificação e adequação de um DI problemático. Esta análise também foi utilizada para identificar o nível de eficiência com relação à identificação de eventuais problemas no *Design* Instrucional (DI) de um curso, assim como no aproveitamento dos alunos em uma disciplina/curso.

Também foram adotadas, no experimento, técnicas de natureza observacional, por meio da utilização de métodos de análise de usabilidade baseado em critérios ergonômicos e análise cognitiva da tarefa com o objetivo de analisar o fenômeno cognitivo relacionado com visualização de dados.

5.2 Premissa

A pesquisa tem como premissa comprovar que o uso de técnicas de visualização de dados contribui de forma significativa para o aumento da percepção, assimilação e interpretação de uma grande quantidade de dados e informações obtidos pelo *Learning Analytics*. Estas informações precisam ser acessadas com rapidez e organização. A visualização de dados deve ser flexível o suficiente para reproduzir qualquer configuração específica e, para isto, a forma estética e as necessidades funcionais precisam estar equi-

libradas, promovendo a compreensão de um conjunto complexo de dados, comunicando, de forma intuitiva, seus principais aspectos. A validação desta premissa foi realizada por meio da análise de usabilidade de dois estudos de caso que serão apresentados no Capítulo 6.

5.3 Objetivos

O objetivo deste trabalho é conceber uma proposta de visualização de dados que possibilite ao professor acompanhar o progresso do aluno e identificar possíveis problemas no DI de uma disciplina em tempo de execução, no planejamento de novos cursos ou edições de cursos já realizados, levando em consideração os dados obtidos pelo *Learning Analytics* (LA). Com base nos objetivos específicos apresentados no Capítulo 1, são apresentados na Tabela 2 as respectivas técnicas utilizadas para a coleta de dados.

Tabela 2 – Objetivos específicos da pesquisa

Objetivos Específicos	Técnica de Coleta de Dados
Determinar as formas de visualização de dados mais adequadas para o tratamento de dados educacionais obtidos em processos de <i>Learning Analytics</i> para dar suporte ao planejamento e acompanhamento do DI.	Estudo observacional: Revisão da literatura.
Desenvolvimento da proposta de visualização de dados.	Processo de <i>Design</i>: especificação de requisitos e desenvolvimento do protótipo.
Avaliar a usabilidade, efetividade e eficiência do DaVID.	Estudo Experimental: observação, teste de usabilidade e análise estatística.
Avaliar a redução da carga mental na realização de uma tarefa de interpretação, percepção visual, resolução de problemas e aprendizagem com a técnica de visualização de dados, por meio de estudo de caso.	Estudo Experimental: observação, teste de usabilidade e análise estatística.

5.4 Hipóteses

De acordo com a hipótese apresentada no capítulo de introdução, as estratégias de validação foram realizadas por meio de coleta e análise de dados com base nos seguintes critérios:

Análise Quantitativa

1. Esforço: tempo que o participante levou para identificar eventuais problemas no DI.

2. Efetividade: relação entre o número de problemas identificados com maior rapidez utilizando o DaVID e sem a sua utilização.
3. Eficiência: relação entre o tempo gasto na solução de problemas identificados utilizando o DaVID e o tempo gasto na solução destes problemas sem a sua utilização.
4. Satisfação: grau de satisfação do usuário ao utilizar o DaVID.
5. Carga mental: carga mental utilizada pelo usuário para realização de uma tarefa.
6. Facilidade em sua utilização: a proposta de visualização de dados deve possuir uma interface de fácil aprendizado para seu usuário, devendo possuir uma usabilidade clara e objetiva.

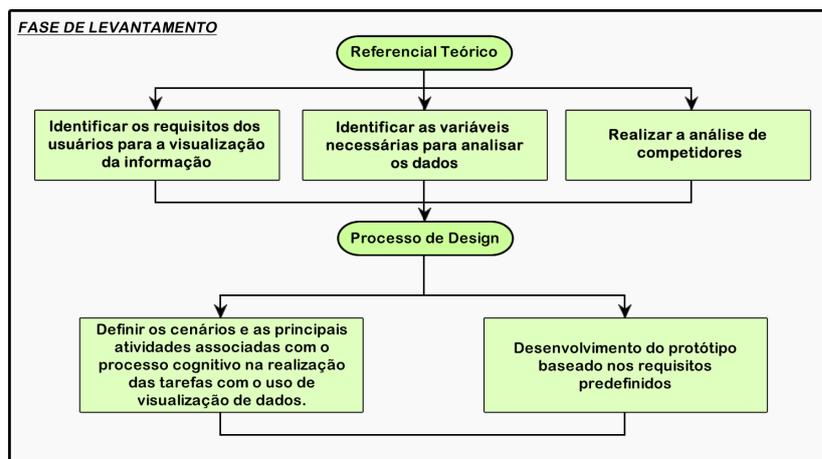
5.5 Fases da Pesquisa

A pesquisa foi dividida em três fases: Levantamento (Figura 50), Avaliação (Figura 51) e Análise (Figura 52).

A primeira fase (Levantamento) foi dividida em duas etapas: referencial teórico e processo de *design*.

1. **Referencial teórico:** nesta etapa foi feita a revisão da literatura, pela qual foi possível identificar a seguinte questão de pesquisa: como conceber visualizações de dados que deem suporte para o professor ter uma rápida interpretação e percepção de indicadores importantes dos cursos e seus alunos em tempo de execução e planejamento, auxiliando-o na tomada de decisão de um *Design* Instrucional? Além disso, também foi possível identificar as variáveis a serem analisadas na avaliação e a técnica de análise de competidores que tem como objetivo identificar, na literatura, modelos com as características que mais se adéquam aos requisitos levantados para o desenvolvimento do DaVID.
2. **Processo de Design:** nesta etapa foram definidos os cenários de aplicação da avaliação e definição das tarefas que foram realizadas pelos participantes, assim como a técnica de prototipagem, que serviu como base para o desenvolvimento do protótipo do DaVID.

Figura 50 – Primeira Fase da Pesquisa.

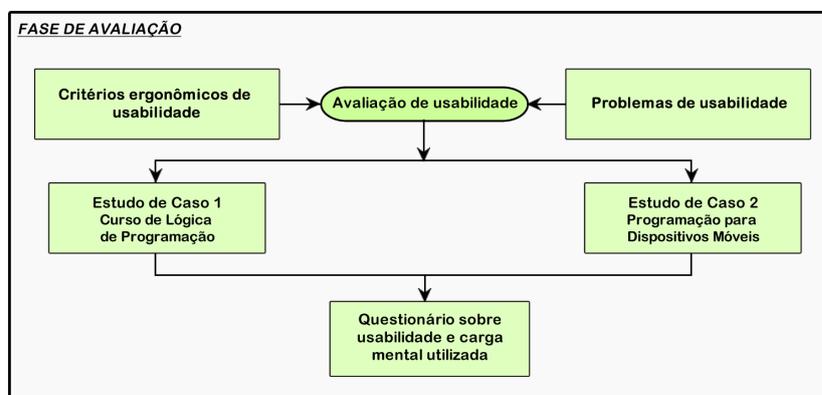


Fonte: Autor (2017)

A segunda fase (Avaliação) é composta das seguintes atividades: avaliação de usabilidade, efetividade, eficiência e carga mental. Na fase de avaliação da usabilidade foram utilizadas duas técnicas:

1. **Técnica de observação:** o usuário foi filmado utilizando o DaVID, no qual o objetivo era registrar a interação do participante com o protótipo durante a realização da tarefa.
2. **Análise cognitiva de tarefa:** para esta tarefa foram utilizados questionários para o registro das dificuldades encontradas pelos participantes durante a realização da tarefa.

Figura 51 – Segunda Fase da Pesquisa.



Fonte: Autor (2017)

A fase de análise teve como objetivo analisar os dados coletados por meio de uma análise quantitativa, utilizando um teste estatístico com nível de confiança de 95%.

Figura 52 – Terceira Fase da Pesquisa.



Fonte: Autor (2017)

5.5.1 Referencial Teórico

Esta fase teve como objetivo compreender as questões de pesquisa, assim como o levantamento dos requisitos necessários para o desenvolvimento do protótipo do DaVID. Para atingir este objetivo, foi realizada uma análise de documentos relacionados com a área de pesquisa, levando em consideração a pesquisa bibliográfica e a análise de competidores.

A revisão bibliográfica teve como objetivo a identificação das principais características relacionadas à visualização de dados, levando em consideração o comportamento cognitivo, bem como os requisitos de interatividade entre os usuários a partir das técnicas de visualização de dados. O resultado da revisão bibliográfica, levando em consideração os trabalhos relacionados, encontra-se no Capítulo 2 (Fundamentação Teórica).

A técnica de análise de competidores consiste na avaliação de produtos existentes no mercado, e tem como objetivo coletar diretrizes, princípios e práticas de um bom *design* para o desenvolvimento de um novo Produto (BORCHERS, 2000). A partir do momento em que são identificados os elementos, é possível encontrar características e funcionalidades úteis que devem ser mantidas para o desenvolvimento do DaVID e aquelas que devem ser evitadas, assim como, também pode identificar potenciais problemas de usabilidade evitando, conseqüentemente, que os mesmos se repitam na nova aplicação.

A técnica de análise de competidores foi utilizada com o objetivo de extrair as principais características dos produtos existentes, avaliando seus pontos fortes e fracos, com o intuito de identificar o que se encaixa nos requisitos definidos.

5.5.2 Processo de Design

O *design* centrado no usuário é o processo no qual o foco se mantém nas necessidades, desejos e limitações apresentados pelos usuários durante a fase de projeto, desde a concepção até o lançamento do produto. Desta forma, o envolvimento com as pessoas é essencial para identificar a real necessidade do cliente ou até mesmo do consumidor. Basicamente,

existem quatro etapas no *design* centrado no usuário: identificação dos requisitos, criação de soluções alternativas, construção de protótipos testáveis e avaliação com os usuários. A Figura 53 apresenta o processo de *design* centrado no usuário de forma resumida.

Figura 53 – Processo de *Design* Centrado no Usuário.



Fonte: Autor (2017)

Esta técnica foi utilizada por ser um processo interativo, cujo objetivo é o desenvolvimento de sistemas que possuam interfaces simples e intuitiva, alcançadas por meio do envolvimento dos usuários.

5.5.3 Avaliação de Usabilidade

A avaliação de usabilidade é baseada na técnica de experimento, cujo objetivo é verificar ou estabelecer a validade de uma hipótese. Para isto, é necessário um planejamento prévio de modo que o objeto de estudo seja conduzido e analisado com a melhor aproximação possível. Após a identificação dos requisitos e desenvolvimento do protótipo, foram identificadas as seguintes técnicas e instrumentos para a avaliação de usabilidade: observação, critérios ergonômicos, questionário de avaliação, gravação de vídeo e análise de carga mental.

5.5.3.1 Observação

É uma técnica de coleta de dados que possui grande relevância para a compreensão do comportamento humano em determinadas circunstâncias, e consiste em avaliar o que ocorre e como ocorre de forma sistemática e objetiva (FLICK, 2009).

5.5.3.2 Critérios Ergonômicos

Ergonomia é uma abordagem sistêmica que leva em consideração todos os aspectos da atividade humana, ou seja, além da pesquisa desenvolvida, são aplicadas regras e normas com base nas pesquisas experimentais, onde o objetivo é encontrar princípios, limites e capacidade humana de adaptação entre o ambiente e os seres humanos. Desta forma, são utilizados métodos científicos para que o trabalho possa ser adaptado às características dos seres humanos (BASTIEN; SCAPIN, 1993).

5.5.3.3 Questionário de Avaliação de Usabilidade

O questionário de avaliação de usabilidade (Apêndice B) foi concebido de acordo com os critérios ergonômicos de Bastien e Scapin (1993), em que cada questão está diretamente relacionada a um destes critérios ergonômicos, e foi aplicado ao final da realização das tarefas e os dados coletados serão utilizados na análise de usabilidade. Além deste questionário, os usuários também responderam um outro questionário relacionado aos problemas encontrados no DaVID (Apêndice C). Os resultados dos dois questionários serviram de base para a identificação dos problemas de usabilidade encontrados pelos participantes.

5.5.3.4 Gravação de Vídeo

É um recurso utilizado na técnica de observação, pois possibilita analisar todo o material gravado mantendo a neutralidade dos dados, permitindo um grau de precisão na coleta de informações (KENSKI, 2003).

Para a utilização desta técnica, é necessário um planejamento prévio do material de gravação, no qual o objetivo é capturar a tela do computador evidenciando toda a interatividade entre o usuário e aplicação. Para a realização desta tarefa, foi utilizado o *software SMRecorder*¹ por ser *software* livre e capturar todas as atividades executadas durante a utilização do módulo de visualização de dados.

5.5.3.5 Análise de Carga Mental

Esta técnica tem como objetivo encontrar as respostas subjetivas para as experiências relacionadas com a carga mental de trabalho, bem como o grau de sucesso ou satisfação a respeito de seu desempenho ou a conclusão de uma tarefa qualquer. Este tipo de procedimento é feito por meio da aplicação de questionários ao final de uma tarefa, e são utilizados para quantificar e qualificar a carga mental (SANTOS R.G.; RAMIRES, 2014).

Existem vários protocolos que podem ser utilizados para a avaliação da carga mental de trabalho. Os mais conhecidos são:

1. SWAT – *Subjective Workload Assessment Technic*;

¹ <http://video2down.com/>

2. Escala de *Cooper*;
3. NASA TLX.

O protocolo NASA TLX foi utilizado por ser um protocolo mais simples de ser aplicado, pois ele fornece uma pontuação da carga de trabalho global, com base em uma média da Taxa Global Ponderada (TGP) das classificações de seis subfatores (SAFARI; MOHAMMADI-BOLBANABAD; KAZEMI, 2015):

1. Exigências mentais: atividade mental e percentual exigida por uma tarefa;
2. Demanda física: descreve uma tarefa física de acordo com a tarefa;
3. Demanda temporal: tempo utilizado para completar uma tarefa;
4. Performance: avalia o desempenho em uma tarefa;
5. Esforço: analisa o quanto de tarefa mental e física foi necessária para a execução de uma tarefa;
6. Frustração: avalia o nível de estresse e descontentamento correlacionado com a realização de uma tarefa.

Para a efetividade do cálculo do índice de carga mental, é necessário dividi-lo em duas partes: primeira etapa e segunda etapa.

Na primeira etapa, os participantes atribuirão um valor em uma escala de 0 a 100 para cada subfator durante a realização da tarefa.

Na segunda etapa, os subfatores são examinados de acordo com as respostas obtidas por meio de um questionário (Apêndice D), no qual são apresentados pares de subfatores que serão colocados lado a lado. Desta forma, o participante deverá indicar o subfator mais impactante para a realização da tarefa. A ponderação dos subfatores é feita com pesos de acordo com o número total de marcas para cada comparação dois a dois, pois os subfatores possuem diferentes impactos sobre as pessoas. Na tabela 3 é apresentada a folha de ponderação utilizada após a obtenção dos dados.

Tabela 3 – Taxa Global Ponderada.

Folha de Ponderação das Taxas			
Subfator	Peso	Taxa	Ajuste (Peso x Taxa)
Exigência Mental			
Exigência Física			
Exigência Temporal			
Nível de Esforço			
Nível de Realização			
Nível de Frustração			
Somatório			
TGP (Soma dos Ajustes Divido por 15) =			

Durante a apresentação, os participantes foram instruídos sobre a pesquisa, na qual foram detalhadas as definições dos seis subfatores do NASA-TLX e esclarecidas as dúvidas que surgiram durante a apresentação. Posteriormente, foi apresentado o questionário que contém as escalas não numéricas associadas aos seis subfatores, no qual cada participante recebeu orientação para marcar o nível de relevância que cada subfator representava para a realização de uma tarefa. Ao final, foi apresentado o questionário que possuía os quinze pares de demandas, e a marcação de cada subfator foi feita de acordo com a realização da tarefa.

5.5.4 Avaliação de Viabilidade

Esta fase tem como objetivo avaliar a viabilidade, tempo e tarefa realizada, objetivando melhorar as funcionalidades da proposta de visualização de dados, com o intuito de obter novos requisitos para o aprimoramento da proposta. Também foi realizada nesta fase a análise de usabilidade e os fenômenos cognitivos de percepção visual, interpretação de dados, resolução de problemas e aprendizagem. A validação dos dados deve ser feita após o término da avaliação, pois o mesmo está diretamente relacionado aos fatores relacionados aos participantes como, por exemplo, o preenchimento correto dos formulários, o empenho na realização das tarefas, a compreensão das atividades, entre outros. Antes da análise de dados, é necessário definir as variáveis, sendo que as variáveis independentes (entrada) são controladas e precisam influenciar as variáveis dependentes (saída), nas quais uma ou mais variáveis de entrada podem ser influenciadas como um fator.

1. Variáveis independentes utilizadas na avaliação:

- a) Experiência dos participantes;
- b) Método utilizado para uma tarefa específica.

2. Variáveis dependentes utilizadas na avaliação:

- a) Tempo;
- b) Efetividade;
- c) Eficiência;
- d) Facilidade de aprender;
- e) Facilidade de lembrar;
- f) Satisfação;
- g) Carga mental.

Devido a natureza das variáveis serem quantitativa, a análise dos dados foi feita em duas fases: por meio da utilização da estatística descritiva, no qual os dados são caracterizados, e por meio do teste de hipóteses, com nível de confiança de 95%, no qual o

objetivo foi comparar a variação das diferenças nos resultados encontrados. Com base nas variáveis apresentadas, foram definidas as seguintes métricas utilizadas nessa análise:

1. Esforço (Tempo);
2. Efetividade;
3. Eficiência;
4. Carga Mental.
5. Facilidade para aprender;
6. Facilidade de lembrar;
7. Satisfação;
8. Ordem lógica;
9. Orientação.

Após a análise dos dados, será possível responder as seguintes perguntas:

1. O tempo gasto na interpretação dos dados com a utilização do DaVID é sem a sua utilização?
2. A efetividade na interpretação dos dados com a utilização do DaVID é sem a sua utilização?
3. A eficiência na interpretação dos dados com a utilização do DaVID é sem a sua utilização?
4. A carga mental utilizada para a interpretação dos resultados com a utilização do DaVID é a mesma sem a sua utilização?

5.6 Considerações Finais

Foi apresentada nesse capítulo a metodologia científica utilizada para a validação deste trabalho.

A metodologia utilizada possui uma abordagem indutiva com escopo experimental, cujas variáveis apresentadas são de natureza quantitativa. Desta forma, a análise teve como objetivo identificar o nível de eficiência relacionada a identificação de possíveis problemas no Design Instrucional de um curso/disciplina e com isso comprovar que o uso de visualização de dados contribui para o aumento da percepção, assimilação e interpretação de uma grande quantidade de dados.

As estratégias de validação foram realizadas por meio de coleta e análise de dados seguindo os critérios de análise quantitativa definidos: esforço, eficiência, efetividade, satisfação, carga mental e facilidade de uso.

A pesquisa foi dividida em três fases: levantamento, avaliação e análise. Na fase de levantamento foi feita a revisão da literatura que teve como objetivo identificar as variáveis a serem analisadas na validação da pesquisa, assim como a definição dos cenários de aplicação de avaliação das tarefas realizadas. Na fase de avaliação foram utilizadas as técnicas de observação e de análise cognitiva de tarefa e a fase de análise foi realizada por meio da análise quantitativa.

Capítulo 6

Estudo de Caso

O presente capítulo apresenta os resultados da análise de usabilidade, carga mental, efetividade e eficiência da proposta de visualização de dados com base nos dados fornecidos pelos cursos do SENAC, objetos deste estudo: Curso de Lógica de Programação, Programação para Dispositivos Móveis.

O capítulo está organizado em três seções. A primeira seção descreve a análise de usabilidade do DaVID com base nos critérios ergonômicos de Bastien e Scapin (1993). A segunda seção apresenta os resultados da avaliação da carga cognitiva aplicada pelos instrutores/professores dos cursos analisados. Na última seção são apresentados os resultados da efetividade do DaVID com base nos cursos analisados.

6.1 Introdução

Foram feitos dois estudos de caso com base em alguns cursos oferecidos pelo SENAC (Serviço Nacional de Aprendizagem Comercial), que é um dos principais agentes da educação profissional voltado para o setor do comércio de bens, serviços e turismo do Brasil, e que possui uma grande variedade de cursos profissionalizantes. Dentre eles, os cursos de Lógica de Programação e Programação para Dispositivos Móveis, objetos deste estudo de caso.

Os cursos são voltados para alunos que não dispõem de tempo para assistir aulas presenciais, permitindo aos interessados desenvolver suas habilidades e raciocínio lógico com autonomia e de acordo com sua agenda pessoal. Os estudos de caso foram divididos em três etapas:

1. Entrevistas com os instrutores;
2. Criação do Design Instrucional de cada curso analisado;
3. Utilização do DaVID por parte do professor/instrutor.

Durante as entrevistas, os instrutores relataram possuir uma grande dificuldade no acompanhamento do progresso do aluno durante a realização dos cursos, principalmente nos módulos que apresentam o maior número de reprovação e abandono, fazendo com que a oferta de turmas avançadas diminua proporcionalmente ao número de desistentes e reprovados. De acordo com os professores/instrutores, essa dificuldade estava diretamente relacionada a limitação que eles possuíam para detectar problemas em certas atividades, pois o curso possibilitava diversas maneiras para a sua conclusão. Com base nesses relatos, a proposta de visualização foi desenvolvida utilizando os conceitos de grafo de alcançabilidade, por representar graficamente todas as possibilidades (caminhos) que o aluno pode ter para a conclusão do curso, facilitando e agilizando a detecção de problemas em uma atividade.

Para a modelagem dos cursos, foram utilizados os conceitos de Redes de Atividades de Alto Nível (RAAN), que é baseada em Redes de Petri, pois permite a construção e simulação da evolução das atividades durante um curso. As Redes de Atividades são adaptadas ao DI e possuem uma notação mais expressiva que uma Rede de Petri convencional, porque possuem elementos de representação de atividades compostas, eventos e repositório de artefatos, além dos atributos de custo e tempo.

A RAAN foi definida com base nas informações obtidas durante as entrevistas. Ela serviu de base para a criação da estrutura do DI dos cursos, definindo as ordens de prioridades, as regras de validação para cada transição, além da definição dos prazos para a realização das atividades. Os experimentos foram divididos em duas etapas:

1. Análise com os dados históricos: foram utilizados dados históricos de 14 edições do curso de Lógica de Programação, envolvendo um total de 322 alunos, 8 edições do curso de Programação para Dispositivos Móveis, envolvendo um total de 272 alunos, no qual o objetivo foi identificar os pontos críticos do DI e, conseqüentemente, alterar para os próximos cursos.
2. Análise de uma nova edição dos cursos após eventuais mudanças no DI: nesta etapa do experimento, foram analisados, separadamente, cada um dos cursos em uma nova edição. No primeiro, foram feitas mudanças no DI com base nos dados obtidos durante a análise dos dados históricos, por meio do DaVID. No segundo, a análise foi feita em tempo de execução, durante a realização do curso, em que foram feitas alterações no DI com base nos problemas que foram detectados durante sua execução. Nos dois casos, ao final do curso, foram feitas comparações com os resultados obtidos com as novas edições e com os dados históricos.

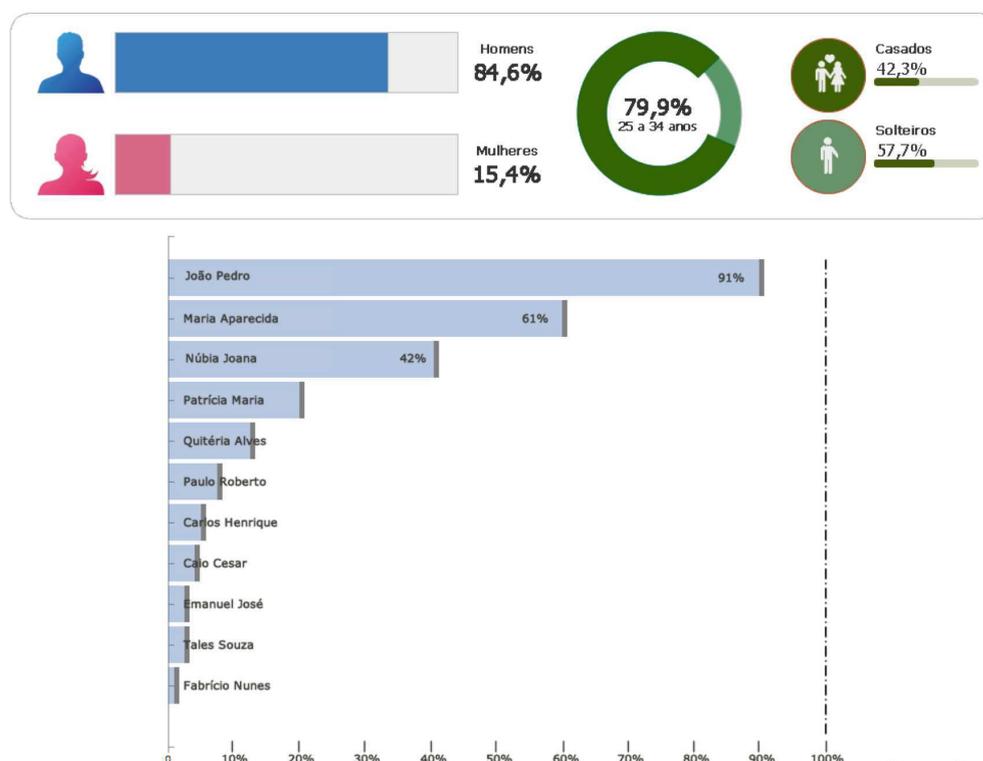
6.2 Processo de criação do Design

Durante o processo de criação da proposta de visualização de dados, foram apresentadas 3 abordagens que tinham como objetivo responder as perguntas levantadas com os dados disponíveis (Figura 57). Para cada abordagem apresentada, foram mostradas suas vantagens e desvantagens e ouvidas as sugestões dos professores que participaram desse processo.

A primeira proposta de visualização, representada pela Figura 54, foi dividida em duas partes. A primeira parte está relacionada ao perfil dos alunos participantes do curso. A identificação do perfil dos alunos é importante para detectar tendências relacionadas aos tipos de atividades e a forma como o aluno estuda ou executa o curso. O perfil inclui os seguintes atributos: sexo, faixa etária, estado civil e escola de origem (pública ou privada). Para a representação do sexo, foram utilizadas duas barras de progresso com o percentual correspondente. Ícones sugestivos com as cores rosa e azul foram utilizados para representar o sexo feminino e masculino, respectivamente.

Para a faixa etária da turma, foi utilizado um gráfico em círculo que mostra o percentual da faixa etária com maior predominância, e barras de progresso com ícones sugestivos para identificar o estado civil dos alunos.

Figura 54 – Visualização do perfil e progresso do aluno.



Fonte: Autor (2017).

A segunda parte mostra o progresso de cada aluno de acordo com o que foi produzido por meio de gráficos de barras, sendo possível comparar o desempenho entre todos.

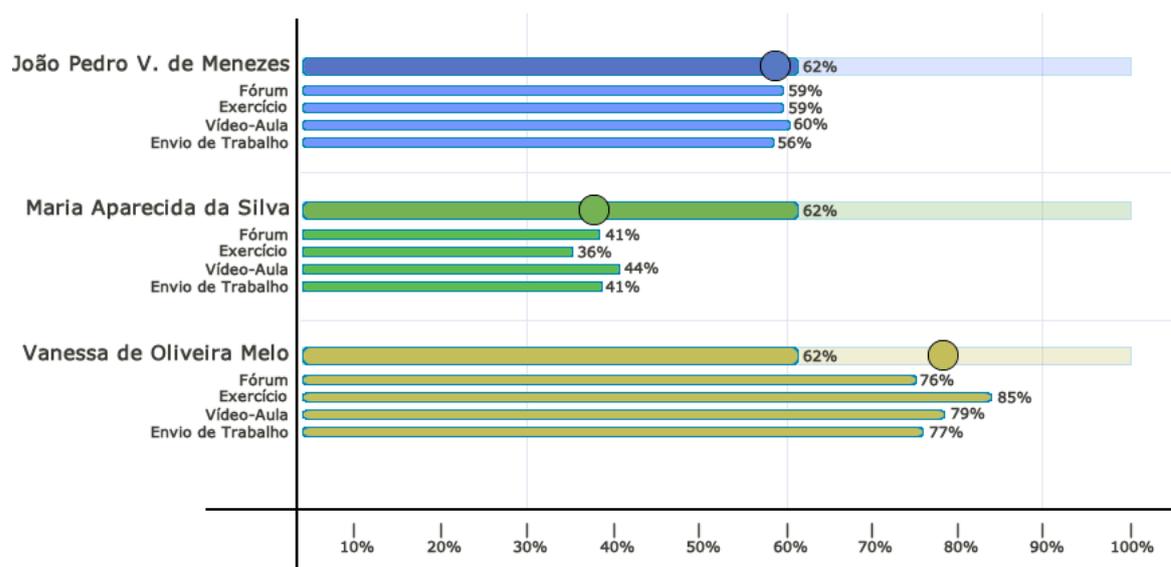
A primeira proposta não se mostrou muito eficiente, pois sua representação gráfica apresentou várias limitações que impossibilitavam a obtenção das respostas com base nas perguntas apresentadas. A primeira limitação apresentada nesta abordagem foi a impossibilidade de visualização para mais de uma disciplina. Como um professor pode lecionar mais de uma disciplina em um curso, o espaço disponível ficaria limitado, tornando mais difícil visualizar todas as informações, pois seria necessária a utilização de uma scroll bar.

A outra limitação encontra-se no progresso do aluno, pois este gráfico mostra apenas o percentual de sua produção. Esta visualização impossibilita o professor identificar aqueles alunos que possuem dificuldades em uma atividade específica, ou seja, não é possível identificar o aluno ou grupo de alunos que levou maior tempo ou um maior número de tentativas para a conclusão de uma atividade. Com base neste cenário, surgiram algumas questões que enfatizam a deficiência desta proposta:

1. Como identificar o esforço do aluno em uma atividade?
2. Como visualizar o que o aluno produziu com base em cada uma das atividades?
3. Como identificar uma deficiência em uma atividade específica feita por um aluno ou grupo de alunos?

Como a primeira visualização mostra apenas o percentual de tudo aquilo que o aluno produziu, seria necessária a implementação de uma proposta que respondesse todas as perguntas e apresentasse todas as variáveis necessárias em um único lugar.

Figura 55 – Visualização do progresso dos alunos.



Fonte: Autor (2017).

Para solucionar este problema, foi utilizado o conceito do gráfico de barras, utilizado para ilustrar o avanço das diferentes atividades de uma disciplina. É uma ferramenta de acompanhamento, que tem como objetivo deixar a informação o mais transparente possível. A partir desta análise, foi proposta uma segunda visualização, representada pela Figura 55.

Para cada aluno é atribuída uma marcação (círculo) que representa o quanto o aluno avançou na disciplina. Além disso, são mostradas também barras de progresso para cada atividade do aluno. A barra com maior espessura representa a porcentagem do curso com base no tempo, ou seja, supondo que a realização de um curso está prevista para ocorrer em 100 dias, o exemplo da Figura Z mostra que já se passaram 62 dias, ou seja, 62% do total de dias previstos para o término do curso/disciplina.

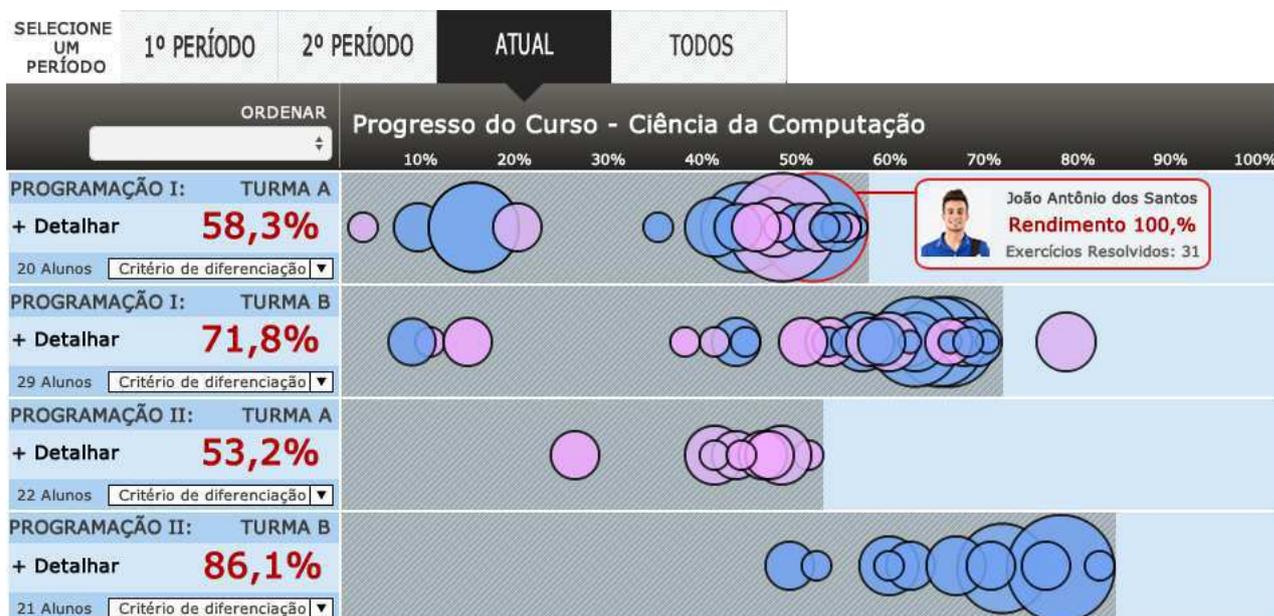
As barras de progresso com menor espessura representam as atividades necessárias para a conclusão do curso (Fórum, Exercício, Vídeo aula e Envio de trabalho). O posicionamento do círculo representa a média aritmética das atividades realizadas.

Com base nisso, pode-se observar três situações distintas. Na primeira, representada pelo aluno João Pedro, pode-se observar que seu progresso está dentro do prazo previsto. Por outro lado, Maria Aparecida não obteve o mesmo desempenho, ficando com o aproveitamento bem abaixo do previsto. Uma outra situação aconteceu com a aluna Vanessa de Oliveira, pois ela conseguiu progredir de forma mais rápida que o andamento previsto do curso, onde o tempo dedicado ao curso fez com que a aluna conseguisse realizar um maior número de atividades, fazendo com que a marcação ultrapassasse o limite do andamento do curso.

Essa proposta resolveu o problema de limitação da representação da produção dos alunos por meio das atividades. Mas ainda possui outras limitações, principalmente na representação do esforço dedicado pelo aluno para a conclusão do curso, além de não permitir a análise dos alunos com base em seu perfil, o que pode ser fundamental para a identificação de padrões que podem influenciar na criação ou adequação do Design Instrucional em um determinado curso ou disciplina. Portanto, é apresentada uma terceira proposta.

A terceira proposta, ilustrada na Figura 56, apresenta várias informações em um único lugar, possibilitando o professor interagir com o gráfico para obter as respostas desejadas.

Figura 56 – Rendimento dos alunos.



Fonte: Autor (2017).

No lado esquerdo do gráfico da Figura 56 é possível observar as disciplinas que o professor está lecionando, vinculada a sua respectiva turma. No exemplo, o professor é responsável pelas disciplinas de Programação I e Programação II, cada uma com duas turmas.

No mesmo lado das informações referentes às disciplinas, é possível observar mais quatro informações: a porcentagem, que representa o andamento do curso, o número de alunos matriculados em cada disciplina, um combobox para escolher um atributo relacionado ao perfil do aluno (faixa etária, procedência, sexo, perfil). No exemplo da Figura 56, estas informações são apresentadas diferenciando o sexo por meio de cores distintas. Por último, existe uma função (+ Detalhar) que serve para mostrar as informações de forma detalhada de acordo com o perfil da turma.

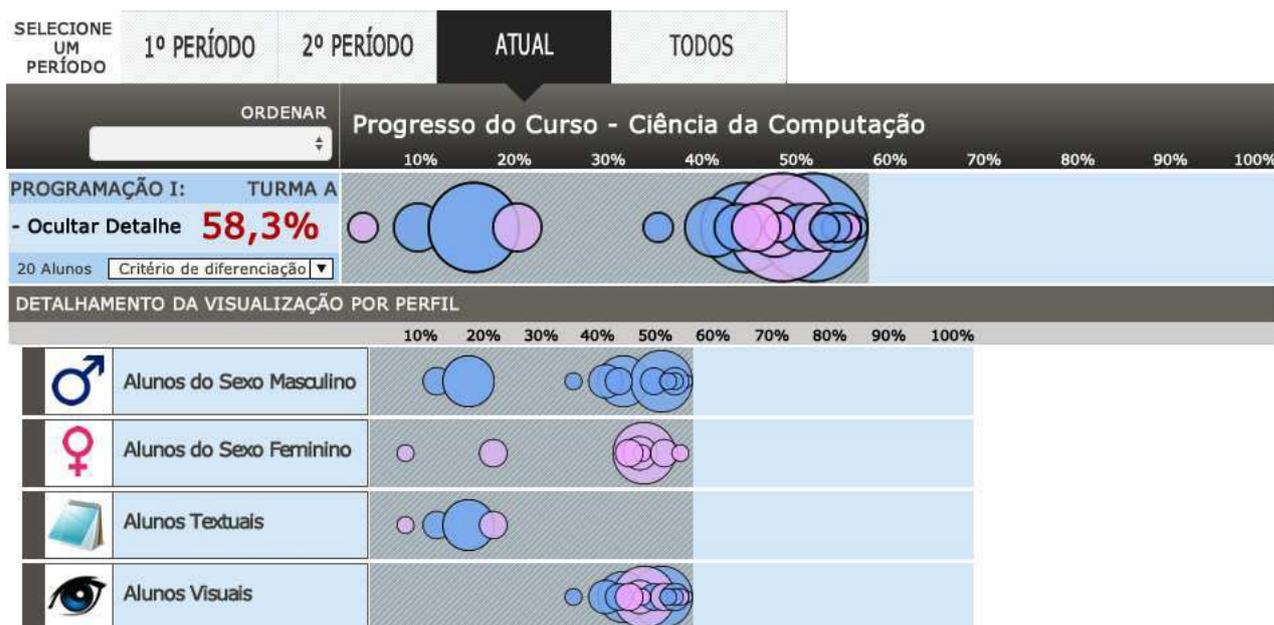
Na parte direita do gráfico é disponibilizada uma barra de progresso com a informação referente ao andamento de cada disciplina, que segue a mesma lógica da proposta apresentada na Figura 56, ou seja, a barra de progresso representa a porcentagem do curso com base no tempo. Os círculos com diâmetros e posições diferentes, representam os alunos com seus respectivos avanços. Cada círculo representa um aluno, e sua posição no gráfico representa o quanto o aluno avançou nesta disciplina. O diâmetro do círculo representa o rendimento do aluno na respectiva disciplina, ou seja, quanto maior o diâmetro, melhor será seu rendimento. O uso da proporcionalidade no tamanho dos objetos apresentados é útil para evidenciar o desempenho e sobreposição de informação (ZHOU et al., 2015).

Com base na visualização apresentada na Figura 56, é possível observar que existem alunos com o mesmo progresso no curso (mesma posição no gráfico), mas com rendimentos diferentes (diâmetros diferentes).

É possível observar que o aluno João Antônio conseguiu aproveitamento de 100%, enquanto outros que estão na mesma posição, têm o rendimento inferior. Caso o professor queira acessar os dados de um determinado aluno, basta clicar em um dos círculos que será apresentada uma pequena janela com o resumo das informações referentes ao aluno pesquisado. Esta funcionalidade permite visualizar um aluno por vez.

Ao clicar no sinal (+), O professor também terá a opção de visualizar mais detalhes com base no perfil dos alunos em uma disciplina. No exemplo da Figura 57, ao clicar no sinal (+), o gráfico se expande e o detalhe das informações são apresentadas com base nos perfis dos alunos. Além da divisão por sexo, podem ser acrescentados outros critérios como, por exemplo, alunos textuais e alunos visuais.

Figura 57 – Rendimento dos alunos.



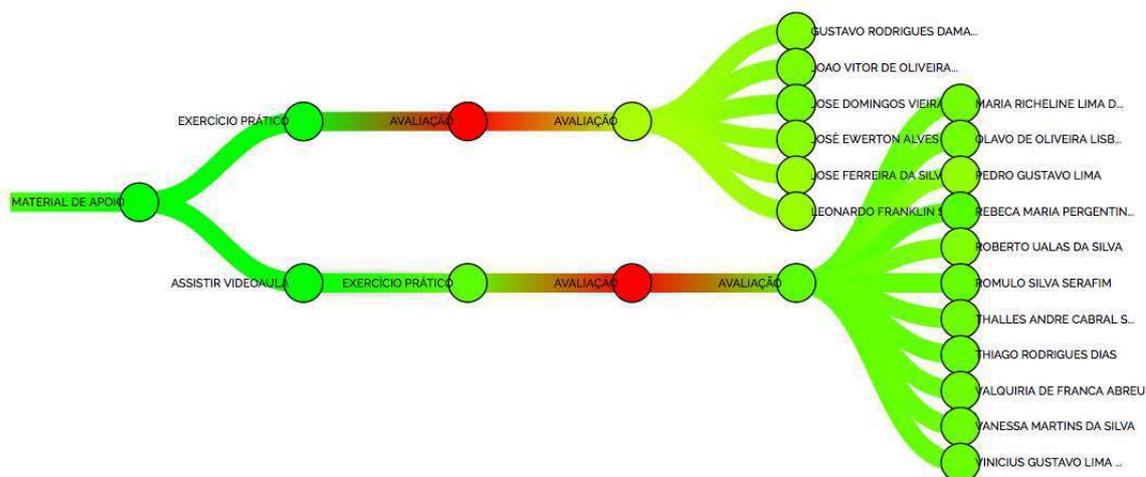
Fonte: Autor (2017).

Por ser um gráfico que permite a interação com o usuário, ele possui uma função de filtro que possibilita a seleção de um subconjunto de informações, tais como, separação por faixa etária, região ou até mesmo o perfil do aluno. Isso permite que o professor possa analisar detalhes adicionais da turma, de acordo com a necessidade.

Com base nos relatos dos professores que participaram do processo de criação do design, era necessária uma visualização que evidenciasse os caminhos que os alunos poderiam

percorrer até a conclusão de um curso. Com base nisso, foi proposta uma visualização que utilizasse os conceitos de grafo para representar os caminhos percorridos pelos alunos até a conclusão de um curso. O grafo deveria ser gerado com dados referentes à cursos já realizados (dados históricos) ou em tempo de execução, durante a realização de um curso. As principais funcionalidades, presentes nas propostas apresentadas, foram incorporadas ao DaVID (Figura 58).

Figura 58 – Design Inicial.



Fonte: Autor (2017).

A Figura 58 mostra o novo design com base nas necessidades apresentadas pelos professores. Nessa visualização, é possível observar os caminhos que os alunos podem percorrer para a conclusão de um curso. Cada nó representa uma atividade e a cor está diretamente relacionada com o desempenho do(s) aluno(s) nessa atividade. Durante os testes iniciais, foram apontados alguns problemas e solicitados ajustes para adequar à necessidade dos professores. Esses detalhes serão apresentados nas próximas seções.

6.3 Avaliação da Usabilidade da Proposta de Visualização de Dados

A avaliação da usabilidade tem como objetivo validar a proposta de visualização de dados, e teve a participação de professores/instrutores de diversos cursos oferecidos pelo SENAC, cujos resultados foram divididos em três etapas:

1. Avaliação ergonômica de usabilidade;
2. Avaliação dos problemas encontrados no DaVID;

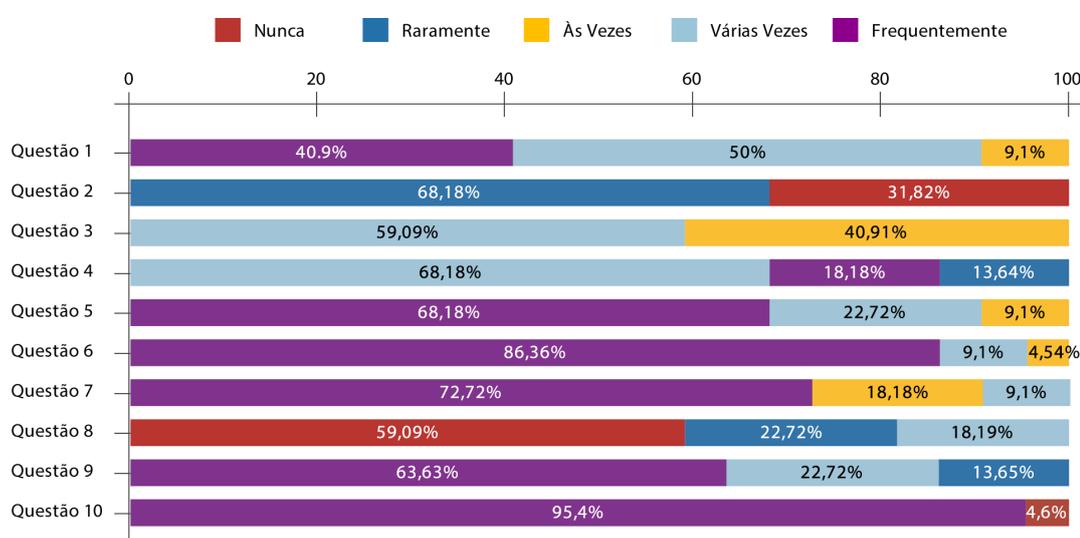
3. Avaliação quantitativa.

Os resultados da avaliação de usabilidade do DaVID consistem em dados quantitativos obtidos a partir do registro referente à captura da tela, durante a utilização do DaVID e por meio dos questionários respondidos pelos participantes.

A avaliação contou com a participação de 22 professores/instrutores, e foi realizada no período de 07 a 09 de novembro de 2016. A média de idade dos participantes foi de 26,95, apresentando um desvio padrão de 4,23. Com relação ao grau de instrução dos participantes, 55% possuem especialização, 36% graduação e 9% mestrado, em que a maioria é formada por pessoas do sexo masculino (68%). Todos os participantes alegaram possuir algum conhecimento com visualização de dados, como por exemplo, a geração de gráficos para a representação de uma informação durante a graduação ou pós-graduação.

As questões elaboradas para a avaliação da usabilidade, estão de acordo com os critérios de usabilidade ergonômica de Bastien e Scapin (1993). Cada uma dessas questões está diretamente relacionada a um critério específico, como pode ser observado no Apêndice B, e os resultados da análise ergonômica de usabilidade são apresentados no gráfico da Figura 59.

Figura 59 – Resultado da Análise de Usabilidade.



Fonte: Autor (2017).

Com base nas informações apresentadas no gráfico da Figura 59, é possível observar que na questão 1 (referente ao agrupamento, formas e cores) a maioria dos participantes relatou que o DaVID possui características visuais compatíveis com a proposta. Com relação à questão 2 (posicionamento do menu), praticamente todos os participantes declararam que o menu de configuração não possuía fácil identificação, pois o mesmo ficava

oculto na barra lateral, sendo exibido apenas quando o cursor do mouse estivesse sobre a barra lateral.

Com base nisto, seria mais prático deixar o menu fixo na barra lateral, ou tornar uma opção customizável, deixando fixo apenas na primeira execução, por exemplo. Na questão 3 (identificação dos elementos), é possível observar que mais de 40% dos participantes tiveram dificuldades na identificação de alguns elementos, já que estes estão diretamente relacionados ao menu de configuração.

Para a quarta questão, 86,36% dos participantes alegaram a existência de sobreposição de informação, principalmente nos últimos nós do grafo, quando o curso possuía uma grande quantidade de alunos matriculados. Da mesma forma, o problema se repetia no gráfico de desempenho dos alunos, pois as linhas ficavam sobrepostas dificultando a visualização do desempenho individualizado, caso fosse necessário. Na questão 5, mais de 90% dos participantes acreditam que as informações e os objetos apresentados estão legíveis. Entretanto, foi solicitado que o tamanho da fonte fosse aumentado.

As questões 6 e 10 estão diretamente relacionadas com as formas e cores, e apenas 1 participante (4,54%) apresentou dificuldades com relação à utilização das cores que representam as atividades no grafo. O participante que relatou esta dificuldade possui daltonismo e não conseguia identificar as cores como eram apresentadas e, conseqüentemente, relacioná-las com o desempenho dos alunos.

Com relação à questão 7, a maioria dos participantes concorda que as informações e os objetos são apresentados de forma destacada e em uma posição adequada. A maioria também concorda que praticamente não existe informações redundantes apresentadas no DaVID. Na nona questão, 86% dos participantes acham que as informações apresentadas no DaVID são relevantes para o acompanhamento do desempenho dos alunos durante as atividades.

6.3.1 Avaliação dos Problemas de Usabilidade

Durante a avaliação dos problemas encontrados no DaVID, foram relatados pelos participantes, no formulário de avaliação, um total de 25 problemas na visualização da informação com base na real necessidade da instituição (SENAC). Para estes problemas, foram sugeridas 31 melhorias que foram levadas em consideração durante o processo de revisão do DaVID.

Para identificar os problemas de usabilidade e medir o grau de importância destes problemas, foi utilizado um formulário (Apêndice C) pelo qual o participante relatou o problema e identificou o grau de importância para sua resolução. Com base nos dados obtidos pelo formulário, a maioria dos problemas teve o grau de importância irrelevante (48%) e simples (28%). Os problemas de usabilidade com grau de importância grave (16%) e urgente (8%) serão descritos logo abaixo, na Tabela 4, com suas respectivas sugestões

de solução.

Tabela 4 – Problemas e sugestões para melhoria

Problema	Sugestão
As atividades que não são avaliadas não podem ter uma das cores de avaliação (verde, amarelo e vermelho).	Estas atividades receberiam uma cor neutra, como por exemplo, branco.
No gráfico de desempenho, quando uma atividade possui um grande número de alunos, a informação apresentada por este gráfico fica confusa, em que os dados exibidos ficam sobrepostos causando uma grande dificuldade para acompanhar um aluno ou grupo específico de alunos.	Ao lado do gráfico de desempenho, colocar a lista de alunos que estão fazendo aquela atividade e uma opção de escolher um aluno específico ou um grupo de alunos com base em critérios definidos na consulta.
No DaVID, os alunos são representados pelos últimos nós. Quando existe uma grande quantidade de alunos que concluiu o curso por um caminho específico, a informação fica sobreposta, dificultando, a identificação de um aluno específico.	Ao final de um caminho específico, ao invés de apresentar, todos os alunos com nós individuais, colocaria apenas um nó para representar, o grupo de alunos que concluiu o curso, e ao clicar neste nó, será, redirecionado para uma tela com a lista de alunos com todas as informações, necessárias, além da possibilidade de filtrar com base em critérios, específicos.
A informação referente à desistência de um aluno é feita através de uma mensagem vinculada ao nó (atividade) na qual o aluno desistiu. Muitas vezes esta informação sobrepõe outra informação importante.	Disponibilizar a informação referente ao número de desistente no centro de um nó, desta forma, apareceria um número apenas naquele nó que houve a desistência.
O tamanho da fonte referente às informações das atividades é muito pequeno.	Adicionar uma opção customizável, tanto para o tamanho da fonte, quanto para o tamanho dos nós.
O módulo de visualização utiliza cores que dificultam sua utilização pelos daltônicos.	Adequar as cores das atividades para que possam ser reconhecidas por daltônicos ou adicionar emojis sugestivos em cada atividade.

Além dos problemas relatados, os participantes fizeram sugestões para mudanças na interface com o intuito de melhorar a usabilidade do DaVID.

Dentre os problemas relatados, destacam-se:

1. Já que o tamanho do grafo é proporcional ao DI, a visualização foi disponibilizada em uma área de tela maior, por meio do uso de zoom.

2. Possibilitar ao usuário gerar grafos com base nas características de um grupo de alunos, tais como, sexo, idade, estado civil, escola de origem, faixa etária, entre outras.
3. Apresentação de informações rápidas ao clicar em um nó (atividade) específico, tais como, número de alunos com notas acima de 7, abaixo de 7 e desistentes.
4. Apresentar informações de alunos de forma individualizada em uma tela do tipo popup.
5. Ao clicar no nó que representa os alunos, apresentar uma tela com as informações referentes a estes alunos, possibilitando ao usuário selecionar grupos de alunos para gerar uma nova visualização com base nestes parâmetros.

Estas sugestões evidenciam que os participantes, além de possuírem conhecimentos e habilidades diferentes, possuem também preferências específicas para a obtenção da informação.

6.3.2 Avaliação Quantitativa

Para a avaliação quantitativa, foi feito o registro das ações dos usuários por meio da gravação da tela, com o intuito de capturar a interação dos participantes com o DaVID. Por meio destes registros, foi possível observar que 63,63% dos usuários, à primeira vista, tiveram dificuldade em interpretar e associar o grafo gerado pelo DaVID com o DI representado pela RAAN, pois de acordo com os participantes, o grafo gerado apresentava mais caminhos do que a RAAN aparentava.

Outra questão observada, foi que mesmo apresentando uma dificuldade inicial na interpretação do grafo, o tempo requerido para a familiarização do usuário com a interface, na maioria dos casos, foi curto, e em pouco tempo os usuários conseguiam identificar as atividades que apresentavam problemas, associando-as ao seu respectivo módulo do curso.

Com base nos depoimentos coletados, todos os participantes concordam que o uso da representação gráfica, para o acompanhamento do progresso do aluno em um curso, é muito importante e útil para a identificação de uma atividade que apresenta problemas, pois agiliza de forma significativa o processo de interpretação de uma grande quantidade de dados.

Durante a avaliação da usabilidade, na primeira versão do DaVID, foi observado que a estética da interface e o layout não estavam adequados, pois os nós que representavam as atividades eram muito pequenos, assim como, o tamanho da fonte utilizada não estava adequado. O grafo era gerado com base no DI fornecido, sem oferecer nenhum tipo de interação com o usuário.

Com base nestas observações, foram adicionadas ações em cada nó (atividade), possibilitando ao usuário uma maior interatividade com o DaVID. Estas ações, incluem

informações detalhadas sobre cada atividade, como por exemplo, o número de alunos com notas maiores que 7, alunos com notas menores que 7, alunos desistentes, assim como, também é possível gerar um gráfico de desempenho dos alunos que se encontram naquela atividade.

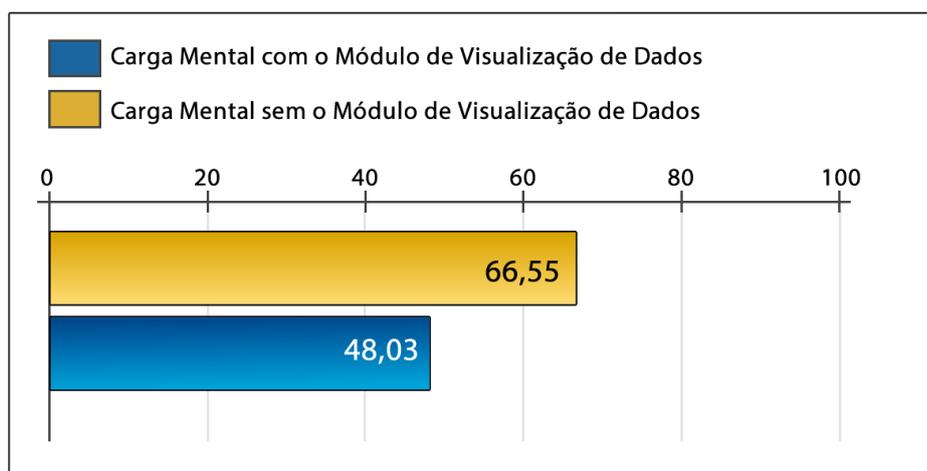
Durante o desenvolvimento do protótipo, uma das maiores preocupações era criar visualizações que fossem úteis e auxiliassem os usuários na tomada de decisão, e não apenas desenvolver uma interface visualmente bonita e sem utilidade. De acordo com Chen (2006), é importante entender como os princípios da interação entre os insights e a estética podem sustentar uma visualização de dados de forma clara e atraente.

6.3.3 Avaliação da Carga Mental

Esta avaliação foi realizada com o objetivo de comparar a carga mental utilizada pelos participantes com o uso do DaVID e sem a sua utilização, para o mesmo propósito. Os dados foram obtidos por meio de questionários baseados no protocolo NASA TLX (Apêndice I), em que os resultados desta avaliação consistem em dados quantitativos.

Com base no gráfico apresentado na Figura 60, é possível observar a média dos valores TGP da carga mental obtida por meio do questionário (Apêndice E) respondido pelos participantes. O questionário foi aplicado em duas situações: com o uso do DaVID e apenas com os recursos oferecidos pelo AVA institucional do SENAC. Para o cálculo da média dos valores obtidos, foram utilizados os pesos e a classificação de cada um dos seis fatores do protocolo NASA-TLX. O teste t-student foi realizado para determinar se o uso do DaVID foi efetivo para a diminuição da carga mental dos participantes.

Figura 60 – Média TGP para avaliação da carga mental.



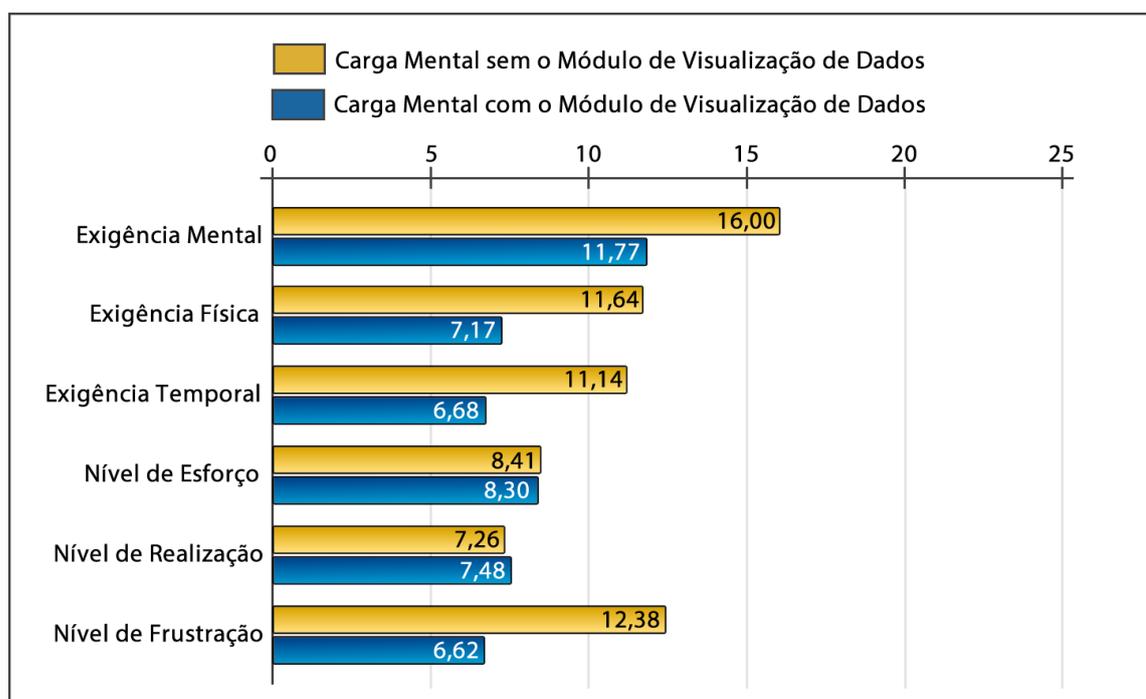
Fonte: Autor (2017).

É possível observar na Figura 60 que a carga mental dos participantes que utilizaram

o AVA institucional sem o suporte do DaVID foi maior do que a carga mental com o suporte do mesmo. A média apresentada pelos participantes sem a utilização do DaVID foi de 66,55 e o desvio padrão foi igual a 6,52. Com o suporte do DaVID a média foi de 48,03 e o desvio padrão foi igual a 5,19. A análise evidenciou uma diferença estatística significativa ($x = 3,899E-06$, $x < 0,05$), rejeitando a hipótese 1 nula (H_{1-0}), significando que a carga mental nas duas situações é diferente.

Cada fator (Exigência Mental, Exigência Física, Exigência Temporal, Nível de Esforço, Nível de Realização e Nível de Frustração) que compõe o cálculo da carga mental também foi analisado separadamente e o resultado pode ser observado no gráfico da Figura 61. Todos os subfatores apresentaram diferenças entre as médias nas duas situações. Cabe salientar, que o peso atribuído a cada subfator significa o nível de importância dado pelo participante.

Figura 61 – Média de cada subfator.



Fonte: Autor (2017).

Dos subfatores analisados, dois apresentaram uma diferença mínima nas duas situações:

1. **Nível de esforço** ($M^1 = 8,30$ e $DP^2 = 3,91$) com o módulo de visualização de dados e ($M = 8,41$ e $DP = 4,83$) sem o módulo de visualização. No entanto, não houve diferença estatística significativa ($x = 0.9390$, $x > 0.05$);

¹ M = Média

² DP = Desvio Padrão

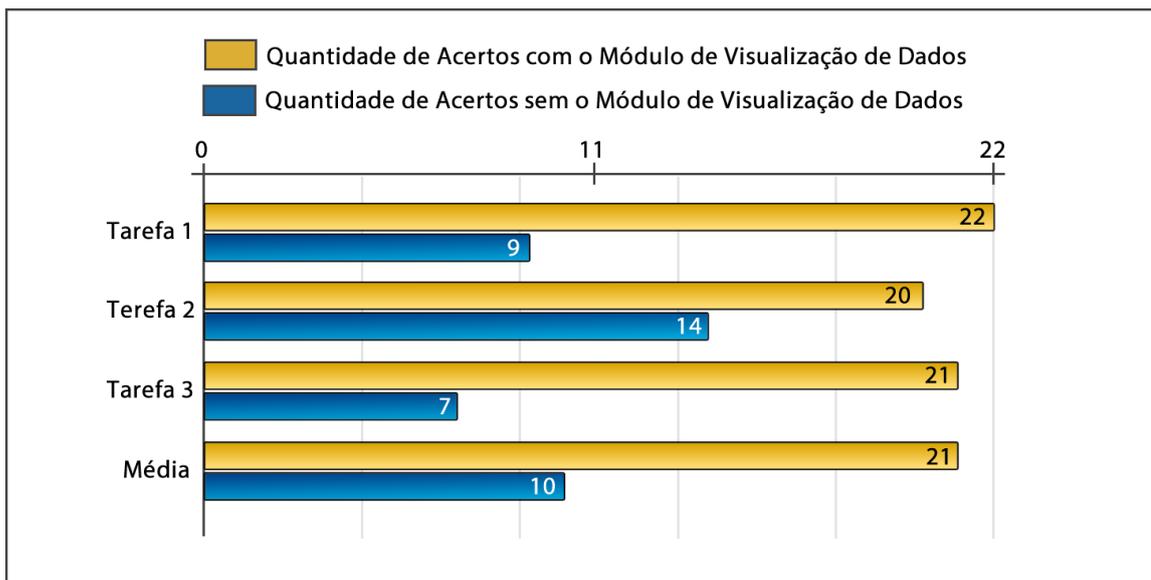
2. **Nível de realização** ($M = 7,48$ e $DP = 3,84$) com o módulo de visualização de dados e ($M = 7,26$ e $DP = 5,45$) sem o módulo de visualização. Assim como apresentado no subfator anterior, a diferença estatística para o nível de realização também foi insignificante ($x = 0.8594$, $x > 0.05$).

As maiores diferenças encontradas foram nos subfatores de exigência mental e nível de frustração. Para a exigência mental, foram apresentados os seguintes valores: ($M = 11,77$ e $DP = 5,30$) com a utilização do DaVID e ($M = 16$ e $DV = 5,87$) sem o suporte do mesmo, no qual este apresentou uma diferença estatística significativa ($x = 0,0064$, $x < 0,05$), evidenciando que a carga mental utilizada é menor com o apoio do DaVID. Para o nível de frustração, foram apresentados os seguintes valores: ($M = 6,62$ e $DV = 5,71$) com a utilização do DaVID e ($M = 12,38$ e $DV = 5,71$) sem a sua utilização, também apresentando uma diferença estatística significativa ($x = 0,00062$, $x < 0,05$).

6.3.4 Avaliação da Efetividade

Para calcular a efetividade do DaVID, foi elaborado um questionário (Apêndice H) com três tarefas. Estas tarefas foram realizadas com o apoio do DaVID e sem seu apoio, e estão diretamente relacionadas com situações corriqueiras do dia a dia no qual os instrutores precisam identificar vários tipos de tendências no decorrer do curso. É possível observar na Figura 62 o número de acertos em cada tarefa com a utilização do DaVID e sem o seu suporte.

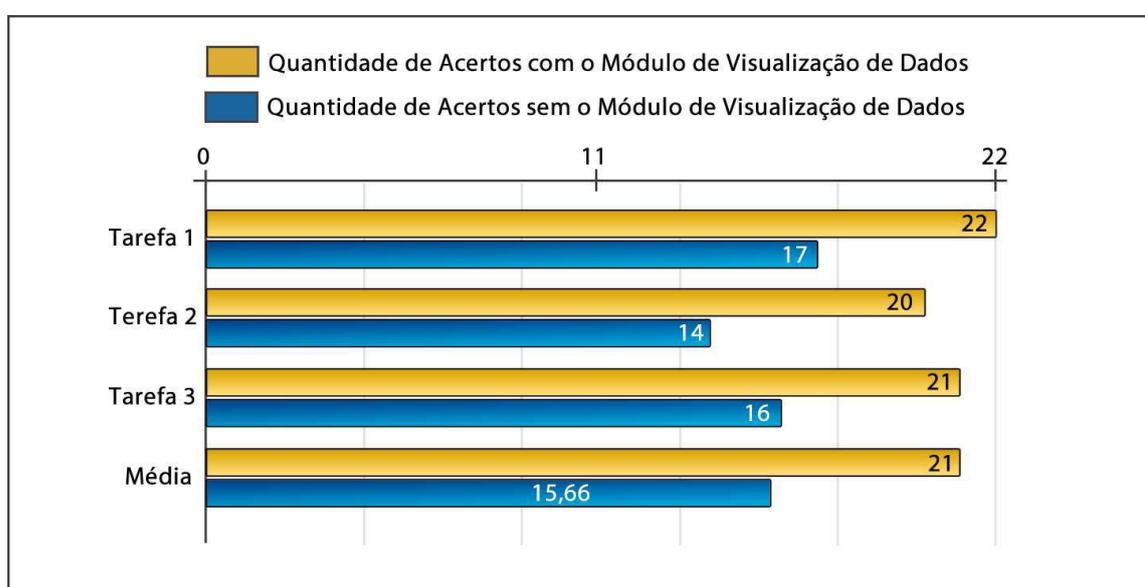
Figura 62 – Taxa de sucesso na realização das tarefas (com limite de tempo).



Fonte: Autor (2017).

Para a realização das tarefas, foi determinado um tempo máximo de 5 minutos para cada uma delas nas duas situações (com e sem o DaVID). Sendo assim, quando o limite de tempo era extrapolado, considerava-se que esta tarefa teria sido executada incorretamente. Desta forma, a média de acertos com o suporte do DaVID foi de 21, apresentando um desvio padrão igual a 1. Sem o suporte do módulo de visualização de dados, a média apresentada foi bem inferior, ou seja, igual a 10 e o desvio padrão igual a 3,6. Uma outra análise foi feita sem levar em consideração o tempo limite para a realização das tarefas e os resultados podem ser observados na Figura 63.

Figura 63 – Taxa de sucesso na realização das tarefas (sem limite de tempo).



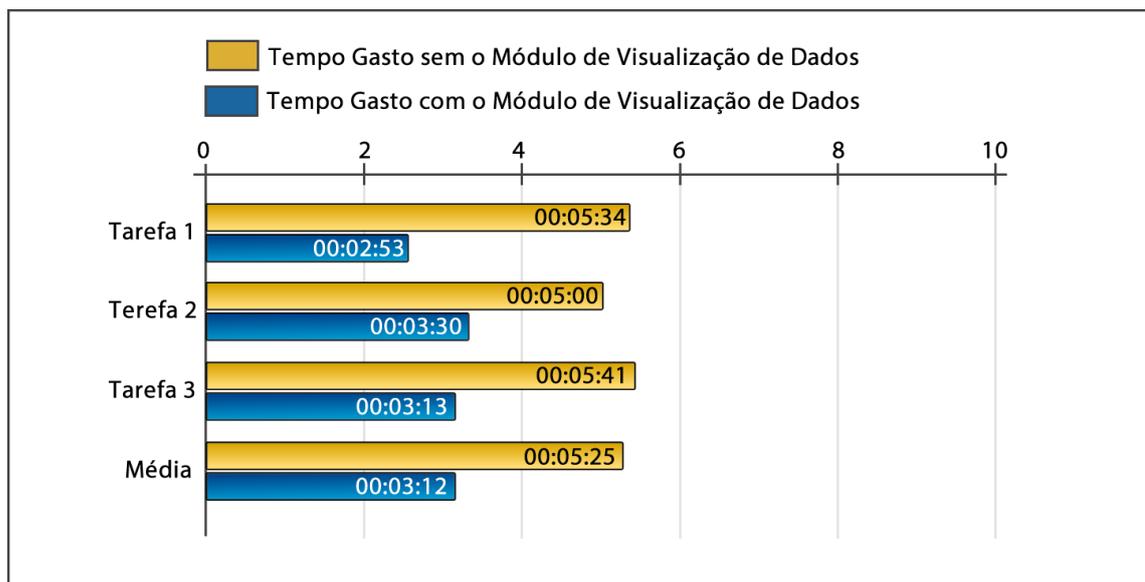
Fonte: Autor (2017).

É possível observar na Figura 63, que a média de acertos subiu de 10 para 15,66. No entanto, os tempos para realização de cada tarefa sem o suporte do DaVID foram superiores aos tempos de realização com o suporte do mesmo.

6.3.5 Avaliação do Tempo de Execução das Tarefas

É importante destacar que o tempo para a realização de cada uma das tarefas (com e sem a utilização do DaVID) foi cronometrado e os resultados podem ser observados na Figura 64. Os resultados referentes à realização de cada tarefa, por participante, podem ser observados no Apêndice I.

Figura 64 – Tempo de realização das tarefas.



Fonte: Autor (2017).

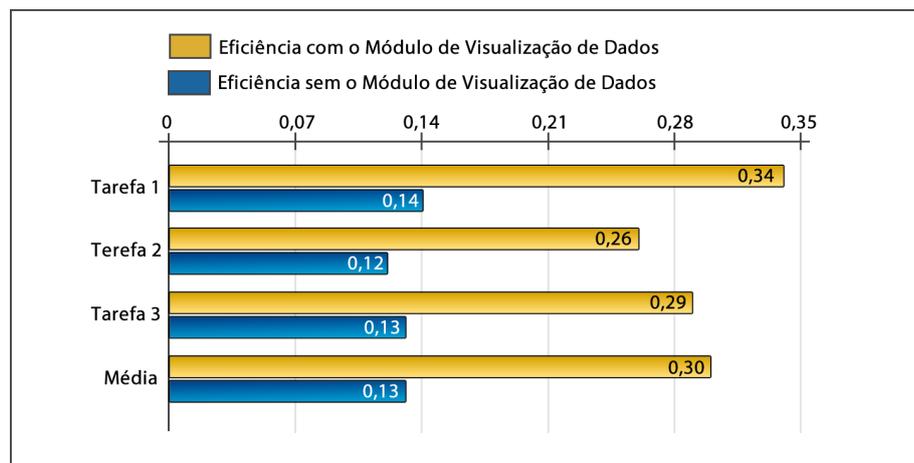
É possível observar que a média de tempo para a realização das tarefas, sem o suporte do DaVID, foi maior que a média de tempo com sua utilização. Com base nos dados apresentados na análise estatística, houve uma diferença estatística significativa ($x = 2,822E-07$, $x < 0,05$). Desta forma, estes resultados rejeitaram a hipótese 3 nula (H_{3-0}), que significa que os tempos de realização das tarefas são diferentes nos dois casos.

6.3.6 Avaliação da Eficiência

Para calcular a eficiência do DaVID, dividiu-se a porcentagem do número de acertos nas tarefas pelo tempo de realização dessas, e os resultados são apresentados na Figura 68.

Com base nas informações apresentadas no gráfico da Figura 65, é possível observar que utilizando o DaVID, a eficiência foi melhor em todas as tarefas, apresentando uma média de 0,30 e um desvio padrão igual 0,04, no qual foi apresentada uma diferença estatística significativa ($x = 0,011$, $x < 0,05$), rejeitando a hipótese 4 (H_{4-0}) nula, o que significa que a eficiência é diferente com o uso do DaVID e sem o seu uso.

Figura 65 – Eficiência do módulo de visualização de dados.



Fonte: Autor (2017).

6.4 Estudo de Caso: Lógica de Programação

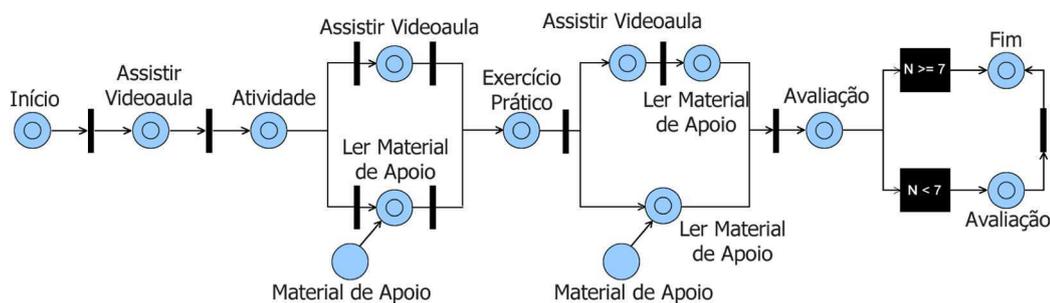
O curso de Lógica de Programação tem como objetivo ajudar o aluno a compreender a lógica por trás da programação de computadores antes mesmo de trabalhar com qualquer linguagem de desenvolvimento. O curso é voltado para iniciantes que não dispõem de tempo para assistir aulas presenciais, pois o curso permite aos interessados em programação, desenvolver suas habilidades e raciocínio lógico com autonomia e de acordo com sua agenda pessoal.

O curso é realizado de forma sequencial, disponibilizando para os alunos 8 formas distintas para sua conclusão. Ao final do curso, é obrigatória a realização de uma avaliação, em que é necessário atingir uma nota igual ou superior a 7 (sete), para ser considerado aprovado e estar apto a receber o certificado do curso. Caso o aluno não consiga atingir este resultado, ele terá uma segunda chance para atingir este objetivo e, conseqüentemente, receber o certificado de conclusão.

Foram analisadas 14 edições do curso de lógica de programação oferecidas entre 2013 e 2016, no qual foi envolvido um total de 496 alunos. O curso de Lógica de Programação foi modelado por uma Rede de Atividade de Alto Nível (Figura 66) que foi definida com base nas informações obtidas durante as entrevistas.

Estas informações incluem o número de atividades, o tipo de atividade e a ordem de execução destas atividades. A RAAN foi utilizada como base para a criação da estrutura do Design Instrucional do curso, definindo as ordens de prioridades, as regras de validação para cada transição, além da definição dos prazos para a realização das atividades. É possível observar na RAAN da Figura 66, que o curso disponibiliza 8 formas diferentes para sua realização.

Figura 66 – Rede de Atividade de Alto Nível do Curso de Lógica de Programação.



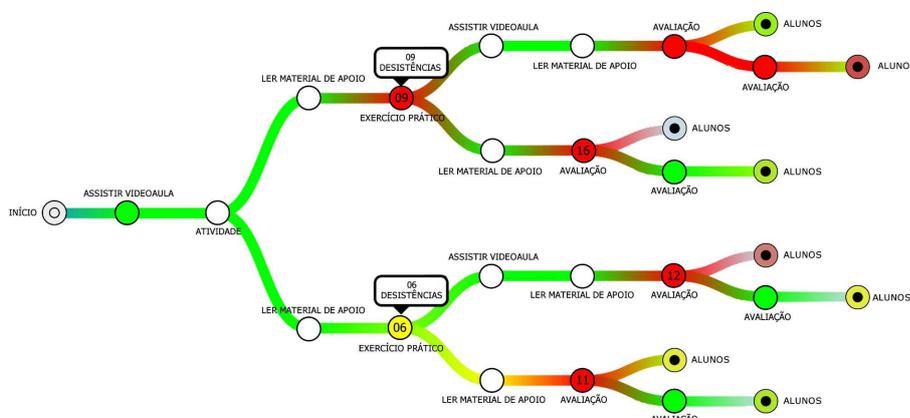
Fonte: Autor (2017).

Como as atividades são corrigidas automaticamente pelo sistema, com base no número de acertos e erros, não foi necessário modelar na RAAN um evento externo que caracteriza a correção feita pelo instrutor.

Após a criação do Design Instrucional e com o uso dos dados históricos do curso em suas edições anteriores, o DaVID gerou um grafo com todos os possíveis caminhos para sua conclusão, evidenciando 8 formas diferentes para a sua conclusão.

O grafo da Figura 67 evidencia a existência de várias atividades que apresentaram problemas devido ao elevado número de notas baixas, identificadas pelo nó de cor vermelha. Também é possível observar que um grande número de alunos desistiu do curso exatamente nestas atividades. Como o objetivo é identificar possíveis problemas no DI de um curso e, conseqüentemente, melhorá-lo, o DaVID evidencia os possíveis caminho a partir de um grafo, o que possibilitou uma rápida identificação das atividades que os alunos tiveram mais dificuldade para sua conclusão.

Figura 67 – Visualização dos dados históricos do curso de lógica de programação.

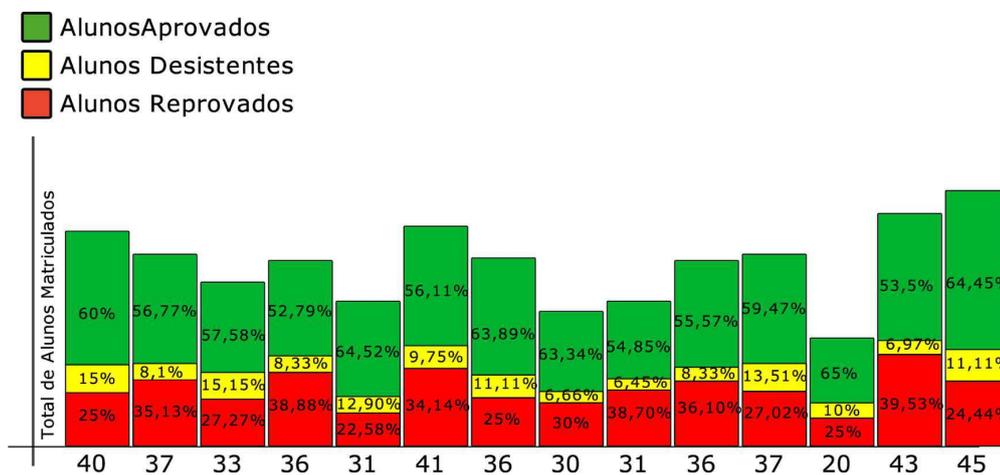


Fonte: Autor (2017).

Com base nos resultados apresentados pelo DaVID, dentre os 496 alunos que fizeram o curso de Lógica de Programação, em todas as edições analisadas, 204 não conseguiram concluir o curso, no qual 51 alunos desistiram e 153 não alcançaram o conceito satisfatório para a aprovação, como pode ser observado no gráfico da Figura 68. Cada coluna representa uma edição do curso e as cores estão diretamente relacionadas com o desempenho dos alunos no decorrer do curso.

Dentre as 14 edições do curso de Lógica de Programação analisadas, apenas 58,87% tiveram aproveitamento favorável. Em média, aproximadamente 35 alunos se matriculam neste curso, e apenas 20, aproximadamente, conseguem concluir com êxito. A média global dos 496 alunos, com relação aos conceitos adquiridos nas atividades, foi de 7,02 e o desvio padrão apresentado foi de 1,615.

Figura 68 – Comparação dos resultados após a modificação do DI.

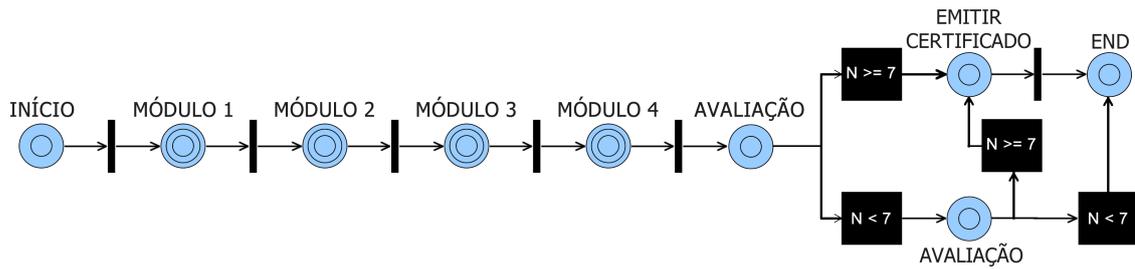


Fonte: Autor (2017).

Com isso, foi concluída a primeira etapa do estudo de caso referente ao curso de Lógica de Programação, que consistiu na identificação dos pontos críticos no *Design* Instrucional. Nesta etapa, os professores relataram que a identificação dos pontos críticos no curso, com o auxílio do DaVID, foi feita de forma rápida e objetiva devido a similaridade da visualização com um percurso real, evidenciando os possíveis caminhos que o aluno percorreu ou poderá percorrer até sua conclusão.

Com base nesses resultados, foi possível identificar as atividades que apresentaram problemas no DI do curso. Devido a grande quantidade de atividades com baixo desempenho, evidenciada pelo DaVID, e pelo fato de o DI utilizado no curso de lógica de programação ser antigo, os professores entraram em um consenso e decidiram que o DI não estava adequado para o público alvo e seria necessária uma reformulação no curso. Desta forma, foi elaborado um novo DI para o curso em questão, em que o mesmo foi dividido em 4 (quatro) módulos, como pode ser observado na RAAN apresentada na Figura 69.

Figura 69 – Reformulação do DI do Curso de Lógica de Programação.



Fonte: Autor (2017).

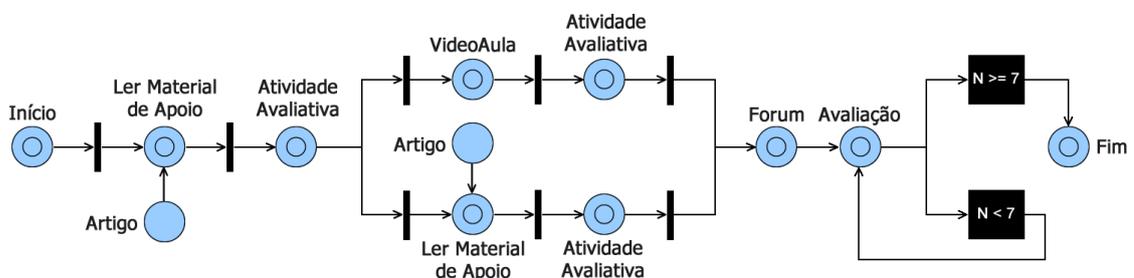
Cada um dos módulos possui uma atividade avaliativa que é obrigatória e serve de passagem para o módulo seguinte, garantindo que o aluno está apto para continuar o curso. Ao cumprir todos os requisitos e atingindo nota igual ou superior a 7, e sendo considerado aprovado, o aluno estará apto a receber o certificado de conclusão do curso. Caso o mesmo não atinja a nota mínima exigida, ele terá uma segunda oportunidade.

Como a previsão para a realização do curso é de aproximadamente um mês, os módulos foram divididos por semana:

- 1ª Semana: Módulo 1;
- 2ª Semana: Módulo 2;
- 3ª Semana: Módulo 3;
- 4ª Semana: Módulo 4.

O Módulo 1 (Figura 70) é composto por 7 (sete) atividades e 1 (uma) avaliação, em que são disponibilizadas duas formas distintas para a conclusão do módulo.

Figura 70 – Módulo 1 do Curso de Lógica de Programação.



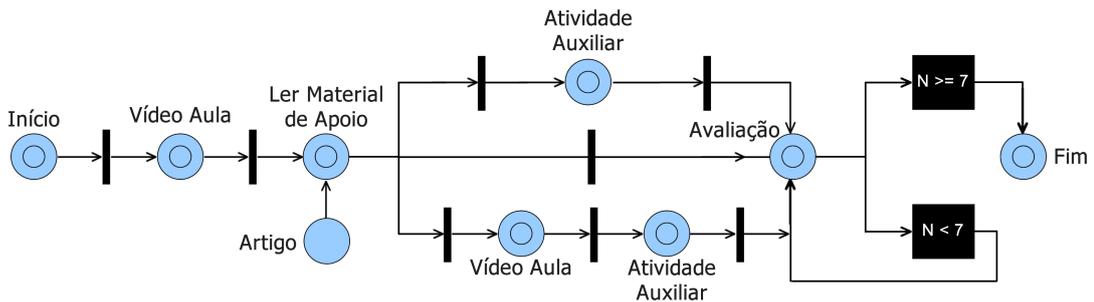
Fonte: Autor (2017).

Para os testes avaliativos, foi definido que o aluno só teria uma oportunidade para sua realização, pois esta poderia servir de parâmetro para identificação do nível de compro-

metimento do aluno. Para a avaliação final de cada módulo, não existe um limite máximo de tentativas para sua realização e o número mínimo de acertos é de 50%, para que o aluno possa passar para o próximo módulo.

O Módulo 2 (Figura 71) é composto por 5 (cinco) atividades e 1 (uma) avaliação, em que são disponibilizadas 3 (três) formas distintas para a conclusão do mesmo. As mesmas regras utilizadas para o Módulo 1 foram utilizadas para o Módulo 2, tanto nas atividades avaliativas quanto na avaliação de passagem (Avaliação Final).

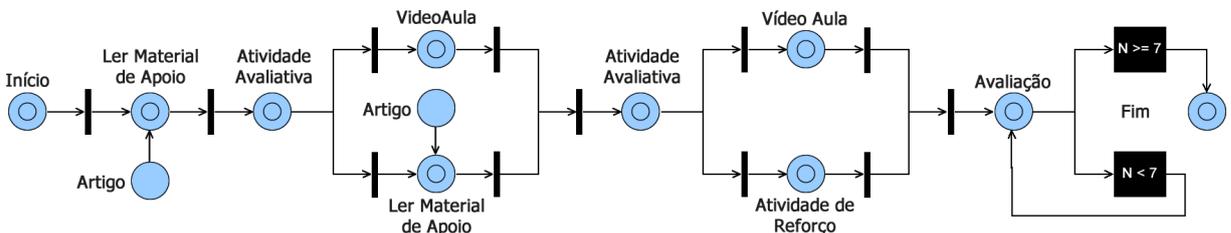
Figura 71 – Módulo 2 do Curso de Lógica de Programação.



Fonte: Autor (2017).

O Módulo 3 (Figura 72) é composto por 8 (oito) atividades e 1 (uma) avaliação, onde o mesmo poderá ser concluído de 4 (quatro) formas distintas. Este módulo também utiliza as mesmas regras utilizadas pelos módulos anteriores, tanto para as atividades avaliativas quanto para a avaliação final.

Figura 72 – Módulo 3 do Curso de Lógica de Programação.

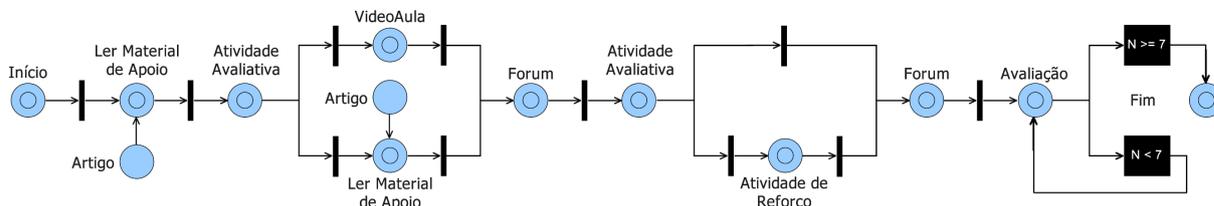


Fonte: Autor (2017).

O Módulo 4 (Figura 73) é composto de 7 (sete) atividades e 1 (uma) avaliação, e poderá ser concluído de 4 formas distintas. Este módulo também possui as mesmas regras dos módulos apresentados anteriormente. Ao final do Módulo 4, será feita uma avaliação correspondente a este módulo. Após a conclusão deste módulo, o aluno estará apto a fazer a avaliação final do curso, na qual o mesmo precisará conseguir nota igual ou

superior a 7 (sete). Caso não consiga, o aluno terá uma segunda chance para conseguir concluir com êxito o curso em questão, ficando apto a receber o certificado de conclusão.

Figura 73 – Módulo 4 do Curso de Lógica de Programação.



Fonte: Autor (2017).

Definidas as regras para a nova estrutura do curso, com base nas Redes de Atividades de Alto Nível apresentadas, o próximo passo foi aplicar as mudanças no DI do curso por meio do ambiente virtual de aprendizagem utilizado pelo SENAC. No entanto, foi necessária uma mudança na estrutura de dados do DaVID de modo que pudesse gerar a visualização com base nas mudanças apresentadas no DI.

Este seria um problema recorrente sempre que fosse necessário alterar o DI do curso. Para resolver este problema, foi desenvolvida uma aplicação (Figura 27) que se comunica com o banco de dados da instituição, na qual é possível importar os dados com base em uma seleção prévia dos atributos que representam as atividades e os alunos matriculados no curso, além das informações básica necessárias para a realização do curso, tais como a data de início e fim de uma atividade e informações relacionadas ao perfil do aluno.

Feitas as alterações no DI do curso, o próximo passo foi aplicá-las em uma nova turma de Lógica de Programação. A nova turma foi formada por 36 alunos, e após a conclusão do curso, foi observado o resultado do grafo por meio do DaVID. Como o Design Instrucional deste curso, após a alteração, foi dividido em módulos, foi decidido analisar os resultados de forma separada. Os resultados do grafo do Módulo 1 podem ser observados na Figura 74.

Figura 74 – Visualização do Módulo 1 após sua realização.



Fonte: Autor (2017).

Com base nos dados apresentados na Figura 74, o primeiro módulo do curso disponibiliza dois caminhos para sua conclusão. No caminho superior, todas as atividades foram realizadas com sucesso, onde os alunos apresentaram um ótimo desempenho durante a realização dessas atividades. No caminho inferior, dos 8 alunos que optaram pelo segundo caminho, apenas 1 teve aproveitamento satisfatório na segunda atividade avaliativa.

Outra situação observada, foi com relação ao número de tentativas realizadas para a avaliação de passagem do módulo. Enquanto que na primeira opção de caminho, os alunos tiveram uma média de 1,77 tentativa realizada para esta avaliação, na segunda opção este número aumentou para 2,88 tentativas. Além da diferença no número de tentativas, o desempenho dos alunos que optaram pelo segundo caminho, pela média, foi inferior aos alunos que optaram pelo primeiro caminho.

O Módulo 2 disponibiliza 3 formas distintas para sua conclusão, e com base nos dados obtidos por meio da realização de uma nova edição do curso, é possível observar, por meio do grafo da Figura 75, que apenas uma atividade apresentou um desempenho abaixo do esperado.

Figura 75 – Visualização do Módulo 2 após sua realização.



Fonte: Autor (2017).

Dentre os 36 alunos que realizaram este módulo, apenas 1 optou pelo primeiro caminho, representado pelas atividades descritas na Figura 76:

Figura 76 – Primeiro caminho do Módulo 2.



Fonte: Autor (2017).

Como pode ser observado na Figura 76, este aluno acabou abandonando o curso neste módulo, realizando 5 tentativas antes de desistir. Uma possível justificativa para o aban-

dono/fracasso nesta atividade é o número reduzido de atividades antes da realização da avaliação de passagem para o próximo módulo, evidenciando, desta forma, uma certa deficiência do DI para a preparação do aluno para o próximo módulo. Desta forma, ficou evidente que este caminho precisa ser adequado para as próximas turmas.

O segundo caminho, representado pelas atividades da Figura 77, se mostrou mais eficiente, pois o desempenho foi satisfatório em todas as atividades. Todos os alunos (25) que optaram pela sequência de atividades da Figura 77, conseguiram concluir de forma satisfatória todas as atividades, apresentando uma média de 1,53 tentativa para a realização da avaliação de passagem para o próximo módulo.

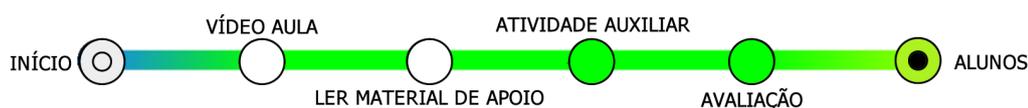
Figura 77 – Segundo caminho do Módulo 2.



Fonte: Autor (2017).

O terceiro caminho (Figura 78) foi feito por 10 alunos, e o mesmo também se mostrou eficiente, pois todos conseguiram concluir com êxito. No entanto, o desempenho foi inferior em comparação com os alunos que fizeram o caminho anterior, tanto na média das notas quanto no número de vezes para a realização da avaliação de passagem, apresentando uma média de 1,93 tentativa para a realização desta avaliação.

Figura 78 – Terceiro caminho do Módulo 2.

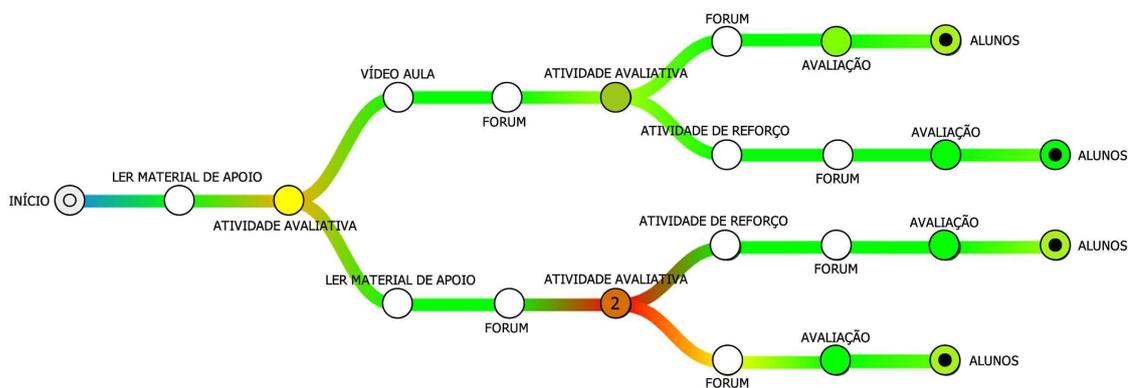


Fonte: Autor (2017).

O Módulo 3 disponibiliza 4 formas diferentes para sua realização, e com base nos dados analisados, é possível observar no grafo da Figura 79, que apenas uma atividade apresentou desempenho abaixo do esperado. Esta representação é feita por meio de uma atividade avaliativa representada pelo círculo de cor laranja.

Como a atividade que apresentou desempenho abaixo do esperado encontra-se antes de uma bifurcação, a mesma estará presente em dois caminhos distintos, como pode ser observado pela Figura 80.

Figura 79 – Visualização do Módulo 3 após sua realização.



Fonte: Autor (2017).

Figura 80 – Caminhos alternativos do Módulo 3.



Fonte: Autor (2017).

Quinze alunos seguiram o mesmo caminho até a segunda atividade avaliativa. No entanto, 2 desistiram nesta atividade, 9 seguiram pelo caminho superior e 3 pelo caminho inferior. O desempenho em termos de nota, foi equivalente nos dois caminhos.

Figura 81 – Visualização do Módulo 4 após sua realização.



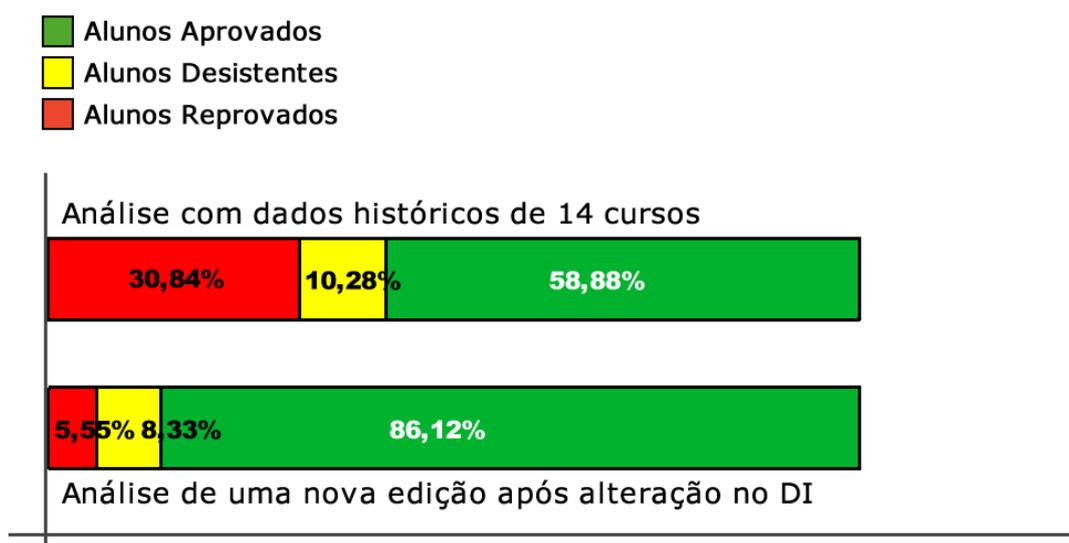
Fonte: Autor (2017).

O Módulo 4 também disponibiliza quatro formas distintas para a sua conclusão. O grafo da Figura 81 evidencia que o desempenho dos alunos melhorou com relação ao módulo anterior, tanto nas atividades avaliativas como nas avaliações finais. Neste módulo não houve desistente, entretanto, dois alunos não conseguiram atingir o conceito necessário para a conclusão do curso e, conseqüentemente, não conseguiram a emissão do certificado de conclusão do mesmo.

Com base nos resultados obtidos, é possível observar uma evolução no desempenho da turma, pois apenas 5 alunos não conseguiram concluir o curso, o que corresponde a 13,88% do total de alunos participantes.

Ao comparar os dados obtidos com a nova edição do curso, com os dados históricos de edições anteriores, é possível observar no gráfico da Figura 82 que houve ganho de desempenho após a alteração do DI, auxiliado pelo DaVID. Por meio da análise dos dados históricos, 41,12%, em média, não conseguiam concluir o curso. Após a alteração do DI do curso, este número reduziu para 13,88%, ou seja, um ganho de 66,24% no aproveitamento da turma.

Figura 82 – Comparativo de desempenho, antes e depois do uso do módulo de visualização de dados.



Fonte: Autor (2017).

A média global dos alunos (incluindo aprovados, reprovados e desistentes) foi de 7,78, apresentando um desvio padrão de 1,24. Se for levada em consideração a média global apenas daqueles que concluíram o curso, a média sobe para 8,36, apresentando um desvio padrão de 0,56. Com relação ao número de desistentes, houve uma redução de 18,97%. Em termos de desempenho geral, o aproveitamento da turma após a alteração do DI foi de 86,12%, que corresponde a um ganho de 31,63% no aproveitamento da turma em

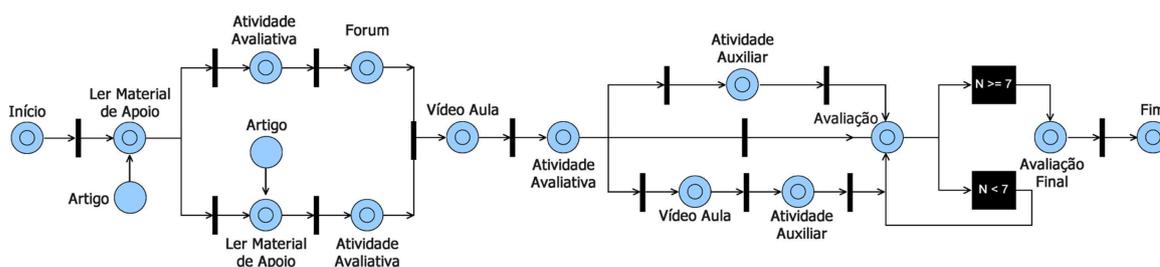
comparação com as edições anteriores.

6.5 Estudo de Caso: Programação para Dispositivos Móveis

O curso de programação para dispositivos móveis tem como objetivo preparar profissionais para resolução de problemas por meio de algoritmos computacionais, conceitos e aplicação de programação para dispositivos móveis. Assim como no curso de lógica de programação, explorado no primeiro estudo de caso, este também é voltado para pessoas que não dispõem de tempo para assistir aulas presenciais, adequando o curso, de acordo com sua agenda pessoal. No entanto, este possui regras diferentes com relação as atividades, ou seja, as atividades avaliativas precisam ser concluídas com sucesso para que o aluno possa prosseguir para as próximas atividades. Desta forma, o aluno poderá fazer a atividade avaliativa diversas vezes até atingir o conceito necessário para prosseguir.

O curso é realizado de forma sequencial e é composto de apenas um módulo, disponibilizando para os alunos 6 formas distintas para a sua conclusão (Figura 83). Ao final do curso, é obrigatória a realização de uma avaliação, em que é necessário atingir uma nota igual ou superior a 7 (sete), para ser considerado aprovado e estar apto a receber o certificado do curso, assim como no curso de Lógica de Programação. Caso o aluno não consiga atingir este resultado, ele terá uma segunda chance para atingir o objetivo e, conseqüentemente, receber o certificado de conclusão.

Figura 83 – RAAN do Curso de Programação para Dispositivos Móveis.



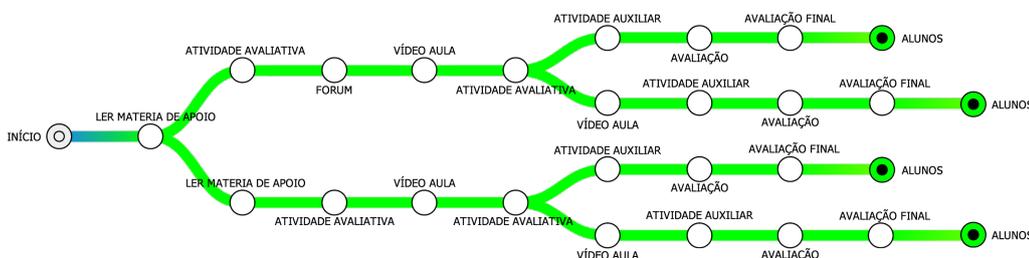
Fonte: Autor (2017).

Para este estudo de caso, o DaVID foi utilizado em tempo de execução, durante a realização do curso, no qual o objetivo foi identificar gargalos no DI do curso, possibilitando o professor/instrutor fazer as devidas alterações durante sua realização, objetivando um melhor aproveitamento em termos de desempenho ao final do curso, diminuindo a evasão e o número de reprovados.

O curso contou com a participação de 42 alunos, que foram acompanhados em tempo de execução, durante e após a realização de cada atividade. Tal acompanhamento é

fundamental para a identificação de tendências e do nível de comprometimento por parte dos alunos. Com base na RAAN apresentada na Figura 83, o grafo gerado pelo DaVID e apresentado pela Figura 84, evidencia 4 possíveis caminhos para sua conclusão.

Figura 84 – Grafo do Curso de Programação para Dispositivos Móveis.



Fonte: Autor (2017).

Cabe salientar que o grafo apresentado pela Figura 84, representa apenas os possíveis caminhos que os alunos podem percorrer até sua conclusão, e não tem nenhuma relação com o resultado após a conclusão do curso.

Como o acompanhamento foi feito em tempo de execução, os grafos serão apresentados de forma parcial, representando o andamento do curso em um momento específico. Após o início do curso, e com base nas possibilidades de caminhos que os alunos poderiam escolher, o primeiro problema foi detectado logo após a segunda atividade. Dentre os 42 alunos participantes, 11 optaram pelo primeiro caminho, ou seja, após a primeira atividade de leitura de material de apoio, estes alunos seguiram para a atividade avaliativa (Figura 85).

Figura 85 – Grafo Inicial do Curso de Programação para Dispositivos Móveis.



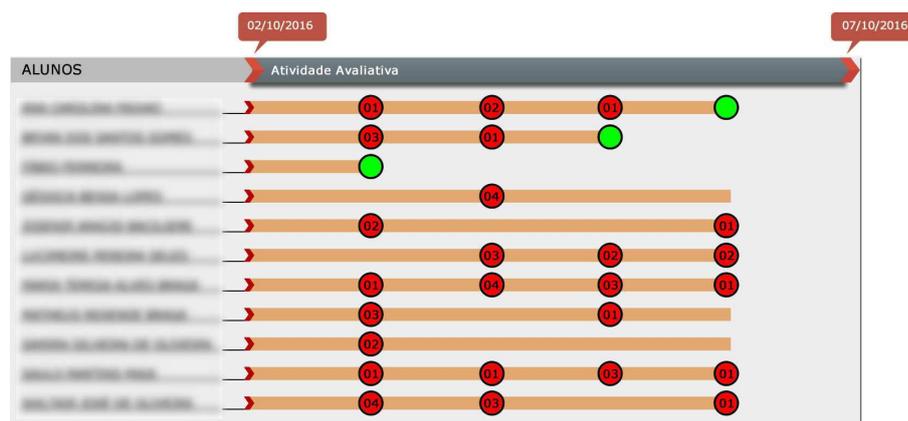
Fonte: Autor (2017).

É possível observar que nesta atividade a cor do nó ficou vermelha, o que representa uma dificuldade por parte destes alunos em sua execução. Como o problema surgiu logo após a primeira atividade, isto dificulta identificar, apenas através do grafo, alguma tendência com relação ao DI. Com base nisto, é possível interagir com o grafo, por meio

dos nós, assim como foi evidenciado no capítulo 4, de modo que o professor/instrutor possa visualizar detalhes sobre os alunos que se encontram em um nó (atividade) específico.

Ao clicar no nó que representa a atividade avaliativa, é apresentado um gráfico (Figura 86) que permite ao professor acompanhar como o grupo de alunos está se saindo naquela atividade, levando em consideração o tempo para a realização, o desempenho e o nível de comprometimento dos alunos naquela atividade.

Figura 86 – Acompanhamento dos alunos em uma atividade.



Fonte: Autor (2017).

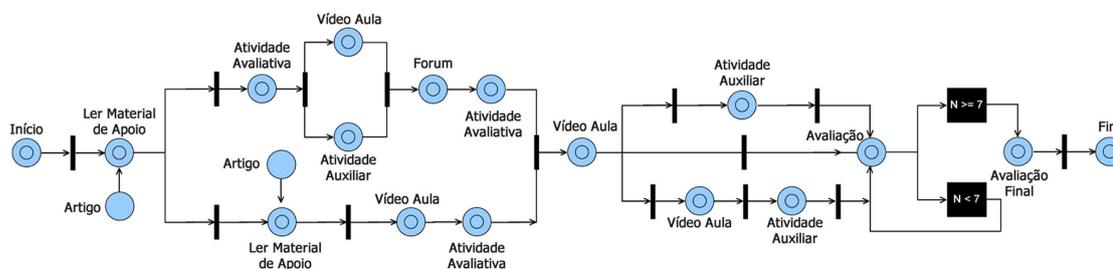
É possível observar na Figura 86, que nesta atividade (Atividade Avaliativa), o prazo para sua conclusão, por parte dos alunos, é de cinco dias, ou seja, os alunos podem concluí-la entre os dias 02 e 07 de outubro de 2016. Muitas informações podem ser extraídas deste gráfico. Dentre elas destacam-se:

1. Apenas 3 alunos conseguiram concluir a atividade com sucesso;
2. Com exceção de um aluno, todos os outros fizeram várias tentativas para concluir a atividade. As tentativas são representadas pelos círculos, e os números que se encontram no círculo representam o número de vezes que o aluno tentou realizar a atividade naquele dia e a cor representa o sucesso ou não em sua realização.
3. Os alunos que apresentam um espaço maior entre os círculos, representam uma certa falta de comprometimento com a atividade, pois passaram dias para começar a resolver, ou até mesmo ficaram dias sem tentar resolver, após algumas tentativas.

Com base nestas informações, o professor chegou à conclusão que aquela atividade não estava adequada ao DI do curso. Desta forma, o mesmo fez uma alteração, tanto no DI do curso, quanto nas regras de execução desta atividade, pois o aluno só poderia passar para a próxima atividade, caso concluísse esta com sucesso. A primeira alteração foi permitir

que o aluno passe por esta atividade mesmo sem conseguir o índice mínimo (conceito $> = 7$). Desta forma, isto evitaria um número elevado de evasão do curso. Com a alteração no DI, o mesmo ficou de acordo com a RAAN da Figura 87.

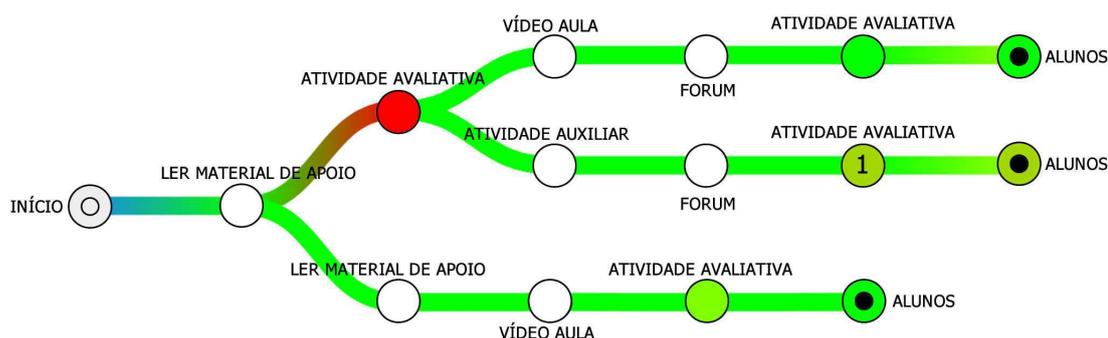
Figura 87 – RAAN do Curso de Programação para Dispositivos Móveis Após alteração.



Fonte: Autor (2017).

De acordo com as informações do grafo da Figura 85, o professor observou que seria mais conveniente que o DI oferecesse mais atividades preparatórias antes de uma atividade avaliativa, disponibilizando para os alunos a possibilidade de escolher entre atividades que condizem com o seu perfil, ou seja, atividades de leitura ou vídeo aula, ou até mesmo a possibilidade de fazer os dois em sequência. Após a alteração no DI, os alunos que tinham optado pelo primeiro caminho, puderam escolher entre outros dois caminhos. Esta alteração permitiu que os alunos conseguissem um desempenho melhor nas próximas atividades avaliativas, como pode ser observado na Figura 88.

Figura 88 – Grafo Parcial do Curso de Programação para Dispositivos Móveis.

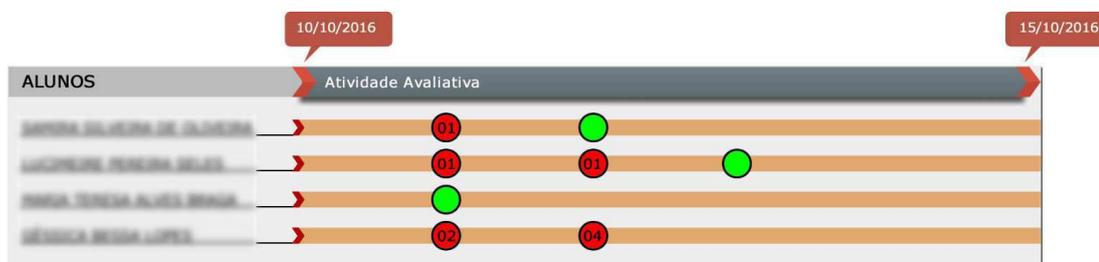


Fonte: Autor (2017).

Em uma das atividades avaliativas apresentada no grafo da Figura 88, no centro do círculo que representa esta atividade, é possível observar o número 1. Isto significa que houve uma desistência naquela atividade. Ao clicar no nó que representa esta atividade, é possível observar o desempenho do grupo nessa atividade. Na Figura 89, fica evidente que o desempenho destes alunos, em comparação com a atividade avaliativa anterior, é

bem superior. Isso fica evidente no número de tentativas, que foi bem inferior, e no tempo de conclusão com êxito da atividade. Com relação ao aluno desistente, fica evidente que o mesmo fez algumas tentativas nos dois primeiros dias, abandonando logo em seguida, evidenciado pela falta de registro em sua linha do tempo após o segundo dia do prazo.

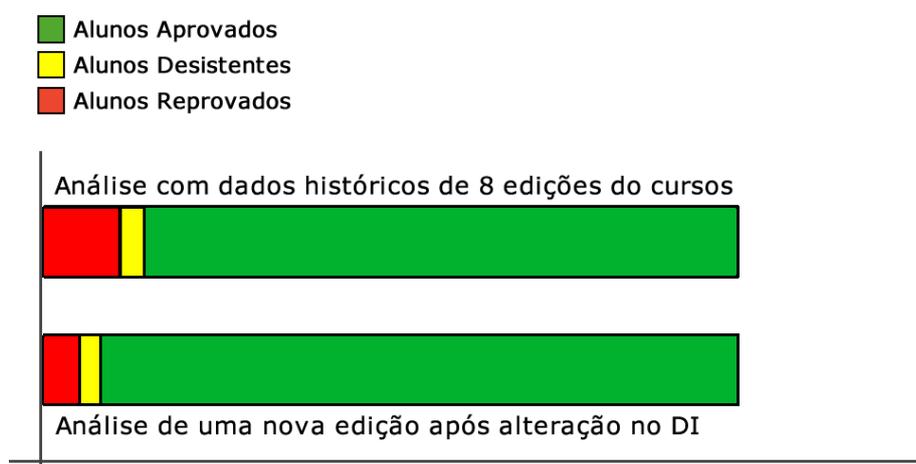
Figura 89 – Acompanhamento dos alunos em uma atividade.



Fonte: Autor (2017).

Ao final do curso, dos 42 alunos participantes, apenas 3 não conseguiram concluir – uma desistência e duas reprovações. Embora o curso de programação para dispositivos móveis não apresente um elevado número de desistentes e reprovados, com base em edições anteriores, após a conclusão da sua nova edição, com o auxílio do DaVID, houve um ganho significativo. Assim como no primeiro estudo de caso apresentando, foi feita uma análise com os dados históricos do curso de programação para dispositivos móveis. Esta análise levou em consideração 8 edições do curso e contou com a participação de 272 alunos.

Figura 90 – Comparativo de desempenho, antes e depois do uso do módulo de visualização de dados.



Fonte: Autor (2017).

De acordo com os dados obtidos, 13,61% alunos não conseguiram concluir o curso. Destes, 2,95% alunos desistiram e 10,66% não conseguiram o conceito suficiente para a

conclusão do curso, o que corresponde a um aproveitamento de 86,39%. Com base nos dados obtidos após a conclusão da nova edição do curso, o aproveitamento foi de 92,86%. Comparando o desempenho com os dados históricos e com a realização de uma nova edição do curso, o ganho foi de 6,47% no aproveitamento final, como pode ser observado no gráfico da Figura 90.

A média global dos alunos nas edições anteriores foi de 7,87, apresentando um desvio padrão de 1,19. Após a realização da nova edição do curso, com suporte do módulo de visualização de dados, a média global subiu para 8,14, apresentando um desvio padrão de 0,65. O número de desistentes também diminuiu, passando de 2,95% para 2,38%.

6.6 Considerações Finais

Este capítulo teve como objetivo apresentar um estudo de caso sobre a proposta de visualização de dados educacionais. Foram apresentadas três propostas que tinham como objetivo auxiliar o professor no acompanhamento do progresso dos alunos. Durante o processo de avaliação do design, os professores relataram possuir uma grande dificuldade em acompanhar o progresso dos alunos em um curso e, conseqüentemente, identificar as atividades que apresentavam maior índice de reprovação. Essas atividades podem representar um ponto crítico no Design Instrucional.

Com base nas propostas apresentadas, foi criada uma visualização que utiliza os conceitos de grafo para representar os caminhos que os alunos podem percorrer para a realização de uma atividade. De acordo com os relatos dos professores, uma grande quantidade de alunos acabavam desistindo do curso por não conseguir um desempenho adequado. Essas desistências tinham influência direta na procura de cursos avançados relacionados à programação.

Antes do DaVID, os professores acompanhavam o desempenho dos alunos por meio de filtros que, na maioria das vezes, não apresentava uma informação objetiva. Muitas vezes, era necessário fazer uma análise dos dados retornados pela consulta para chegar a uma conclusão. Esse processo é massante e pouco eficiente, já que os cursos são de curta duração e precisam de um acompanhamento mais objetivo.

Após a definição do design da visualização, foi feita a avaliação da usabilidade, carga mental, efetividade e eficiência do DaVID. Essas avaliações foram feitas por meio de formulários específicos.

A próxima etapa do estudo de caso foi a utilização do DaVID aplicado em duas situações distintas. Uma análise com os dados históricos (Lógica de programação) e outra em tempo de execução (Programação para Dispositivos Móveis).

Durante a realização do estudo de caso, foi possível observar que para a identificação das atividades problemáticas, os instrutores não tiveram dificuldade em interpretar essa informação, pois a visualização evidenciava todos os possíveis caminhos, por meio do grafo

gerado pelo DaVID, e as atividades problemáticas, por meio da cor vermelha. No entanto, quando foi necessário interagir com o DaVID para obter informações com base em uma seleção prévia, os professores tiveram dificuldade em interpretar o gráfico gerado. Foi necessária uma rápida explicação para resolver esse problema.

Com relação à identificação dos pontos críticos no Design Instrucional, o DaVID se mostrou bastante eficiente, identificando de forma rápida e objetiva, por meio das cores verde, vermelho e amarelo todas as atividades realizadas pelos alunos. Com base nas cores apresentadas, os instrutores fizeram alterações no Design Instrucional visando um melhor desempenho durante a realização de uma nova edição de um curso.

Referente ao acompanhamento em tempo de execução, a identificação das atividades também foi feita de forma instantânea, pois o grafo é gerado com base na realização de uma atividade específica, ou seja, ele é gerado à medida que os alunos passam por uma atividade específica. Com a identificação em tempo de execução, o professor poderá alterar o DI no exato momento da identificação de uma atividade problemática.

Capítulo 7

Considerações Finais e Sugestões para Pesquisas Futuras

7.1 Conclusão

Com o uso frequente dos ambientes virtuais de aprendizagem, uma grande quantidade de dados é gerada nestes ambientes e, na maioria das vezes, esses dados não são explorados de forma adequada, o que dificulta a geração de indicadores da qualidade dos programas de formação. A organização adequada do material em sala de aula determina a qualidade do aprendizado nestes ambientes. Desta forma, o histórico de sucesso e insucesso nas edições anteriores de um programa, devem ser levadas em consideração.

Quando os dados são tratados adequadamente, estes podem evidenciar indicativos sobre o desempenho dos alunos, como por exemplo, o nível de comprometimento e a motivação. Isso pode influenciar diretamente no processo de aprendizagem. Esses dados podem ser utilizados por especialistas ao serem exibidos como um resumo em forma de visualizações gráficas adequadas, possibilitando uma rápida interpretação e percepção de indicativos importantes dos cursos e seus alunos, além de auxiliar a compreensão de um conjunto de dados, facilitar a análise dos dados gerados, ampliar a cognição e a compreensão das informações apresentadas.

O presente trabalho apresenta uma proposta de visualização dos dados educacionais possibilitando ao professor o planejamento de novas edições do curso baseado nestes dados. Também será possível acompanhar, em tempo de execução, o progresso do aluno e identificar possíveis problemas no *Design* Instrucional de uma disciplina.

Para representar o percurso feito por um aluno ou grupo de alunos, foi criado um grafo, no qual cada nó, indicado por um círculo, representa uma atividade, e as cores destes nós representam o desempenho dos alunos nestas atividades. As informações exibidas podem ser coletivas ou individualizadas e o professor pode interagir com o grafo com o objetivo de conseguir informações detalhadas.

Por meio da proposta de visualização de dados desenvolvida e da análise de usabilidade, eficiência, efetividade e carga mental de trabalho foi possível responder as questões de pesquisa apresentadas neste trabalho.

A avaliação da usabilidade foi feita com o auxílio de um formulário pelo qual os participantes de um estudo de caso relataram os problemas e identificaram o grau de importância para sua resolução. Com base nestes resultados, foram definidos alguns problemas, que foram classificados de acordo com o grau de relevância, e para cada um dos problemas apontados teve sugestões para melhorias. Além dos problemas relatados, os participantes fizeram sugestões para mudanças na interface com o intuito de melhorar a usabilidade do DaVID.

O DaVID foi validado por meio de dois estudos de caso, o qual foi testado em duas situações: com dados históricos dos cursos realizados e durante a realização de um segundo curso, em que o acompanhamento foi feito em tempo de execução. Foram analisados os cursos de Lógica de Programação e Programação para Dispositivos Móveis, ambos oferecidos pelo SENAC.

Após a análise dos dados históricos do curso de lógica de programação, foram detectadas as atividades que apresentavam maior número de reprovações e desistências. Com base nestes resultados, foi feita uma alteração no *Design* Instrucional do curso, com o objetivo de melhorar o rendimento e aproveitamento da turma. Após a alteração no *Design* Instrucional e a execução de uma nova edição do curso de introdução a lógica de programação, foi possível observar um ganho de 66,24% no aproveitamento da turma. Esse ganho não se refletiu apenas no número de aprovados, mas também no rendimento da turma de uma forma geral.

O mesmo processo de análise dos dados históricos foi feito para o curso de programação para dispositivos móveis, no qual foram detectadas as atividades que apresentavam o maior índice de reprovação e desistência. Da mesma forma, foram feitas as alterações no DI para uma posterior realização do curso. No entanto, este curso foi acompanhado em tempo de execução e os problemas que foram surgindo foram contornados com a alteração no DI do curso durante sua realização, diferentemente do curso anterior, no qual a alteração foi feita apenas antes de sua realização.

7.2 Sugestões para Pesquisas Futuras

A pesquisa realizada neste trabalho se mostrou bastante promissora e de grande relevância sobre o tema abordado, mas ainda não está integrada em um *Learning Management System* Learning Management System (LMS). Desta forma, como trabalhos a serem desenvolvidos a partir desta pesquisa, destacam-se os seguintes:

1. Integração do DaVID com a ferramenta *Authoring Tool for Instructional Design*

(ATID)(MENEZES et al., 2017). A ATID é uma ferramenta para construção e acompanhamento do *Design Instrucional*, e quando integrada ao um Ambiente Virtual de Aprendizagem permite a obtenção de dados para aplicação dos algoritmos de *Learning Analytics*;

2. Criar outras formas de visualização de dados obtidos do *Learning Analytics*, de modo que estas possam dar suporte ao aluno;
3. Adaptar a proposta a um ambiente de acompanhamento de um curso completo de graduação. As atividades seriam substituídas por disciplinas e as sequências seriam determinadas pelas relações de pré-requisito entre disciplinas. Poderá ser integrado com o Projeto Cursos UFCG (<http://analytics.lsd.ufcg.edu.br/cursosufcg>)

7.3 Contribuições em Produção Bibliográfica

A presente pesquisa gerou quatro publicações em conferências nacionais e internacionais:

1. **V Congresso Brasileiro de Informática na Educação (CBIE) 2016:** Modelo de Visualização de Dados para Auxiliar o Professor no Aprimoramento do *Design Instrucional* com o Apoio de *Learning Analytics*.

Este trabalho propôs a concepção de formas de visualização de dados obtidos pelo *Learning Analytics* de uma disciplina/curso, com o objetivo de proporcionar ao professor uma rápida detecção de problemas no *Design Instrucional*.

2. **The 17th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT 2017)** - Timisoara, Romênia: *DaVID - A Model of Data Visualization for the Instructional Design*.

Este artigo apresentou um estudo de caso com base em uma análise de dados históricos de um curso de programação de computadores. O trabalho tinha como objetivo evidenciar os problemas encontrados em um *Design Instrucional* e permitir ao professor incorporar melhorias em novas edições do curso com base em edições anteriores.

3. **21st International Conference Information Visualization (IV2017)** - Londres, Inglaterra: *Visualization of Education Data for the Improvement of Instructional Design*.

Este trabalho teve como objetivo propor visualizações de dados que se adéquem ao contexto da educação, no que se refere ao acompanhamento do desempenho dos alunos em um curso. O design foi obtido por meio de 3 visualizações que foram

apresentadas a um grupo de professor, que por meio de um *feedback* foi possível adaptar as propostas e chegar a uma representação visual dos caminhos que os alunos percorreram até a conclusão do curso.

4. **19th International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT 2017)** - Paris, França: *A Formal Approach for Instructional Design integrated with Data Visualization for Learning Analytics*.

Este artigo apresentou um estudo de caso com base no acompanhamento de um curso em tempo de execução, evidenciando os caminhos que apresentavam problemas no *Design Instrucional*, possibilitando ao professor fazer mudanças no DI durante a execução do curso, com o objetivo de incorporar melhorias ao curso.

Referências

- ACKOFF, R. L. From data to wisdom. **Journal of applied systems analysis**, v. 16, n. 1, p. 3–9, 1989.
- ARNOLD, K. E.; PISTILLI, M. D. Course signals at purdue: Using learning analytics to increase student success. In: ACM. **Proceedings of the 2nd international conference on learning analytics and knowledge**. [S.l.], 2012. p. 267–270.
- ATIF, A. et al. Learning analytics in higher education: a summary of tools and approaches. In: **30th Australasian Society for Computers in Learning in Tertiary Education Conference (ascilite 2013)**, Sydney. [S.l.: s.n.], 2016.
- AZEVEDO, E.; CONCI, A. **Computação gráfica: teoria e prática**. [S.l.]: Elsevier, 2003.
- BASTIEN, J. C.; SCAPIN, D. L. **Ergonomic criteria for the evaluation of human-computer interfaces**. Tese (Doutorado) — Inria, 1993.
- BELLINGER, G.; CASTRO, D.; MILLS, A. Data, information, knowledge, and wisdom. 2004.
- BERTIN, J. **Graphics and graphic information processing**. [S.l.]: Walter de Gruyter, 1981.
- BORCHERS, J. O. A pattern approach to interaction design. In: ACM. **Proceedings of the 3rd conference on Designing interactive systems: processes, practices, methods, and techniques**. [S.l.], 2000. p. 369–378.
- BROWN, M. **Learning analytics: Moving from concept to practice**. Louisville, CO: EDUCAUSE Learning Initiative. Retrieved October 10, 2013. 2012.
- BRTKA, E. et al. The data visualization technique in e-learning system. In: IEEE. **Intelligent Systems and Informatics (SISY), 2012 IEEE 10th Jubilee International Symposium on**. [S.l.], 2014. p. 489–492.
- CARD, S. K.; MACKINLAY, J. D.; SHNEIDERMAN, B. **Readings in information visualization: using vision to think**. [S.l.]: Morgan Kaufmann, 1999.
- CAVALCANTI, Â. G. G. et al. Mineração e visualização de dados educacionais: Identificação de fatores que afetam a motivação de alunos na educação a distância. 2015.
- CHATTI, M. A. et al. A reference model for learning analytics. **International Journal of Technology Enhanced Learning**, Inderscience Publishers, v. 4, n. 5-6, p. 318–331, 2015.

- CHEN, C. **Information visualization: Beyond the horizon**. [S.l.]: Springer Science & Business Media, 2006.
- CLOW, D. The learning analytics cycle: closing the loop effectively. In: ACM. **Proceedings of the 2nd international conference on learning analytics and knowledge**. [S.l.], 2012. p. 134–138.
- COSCARELLI, C. V. A informática na escola. **Belo Horizonte: FALE/UFMG**, 2013.
- COSTA, J. R. Análise do design instrucional do curso “formação docente na educação de jovens e adultos”. **Ciência & Trópico**, v. 34, n. 2, 2016.
- DAHBI, A.; ELKAMOUN, N.; BERRAISOUL, A. Adaptation and optimisation of pedagogical paths by ants’s algorithm. In: IEEE. **Information and Communication Technologies, 2006. ICTTA’06. 2nd**. [S.l.], 2013. v. 1, p. 546–551.
- DORÇA, F. A. et al. Detecção e correção automática de estilos de aprendizagem em sistemas adaptativos para educação. **Revista de Informática Teórica e Aplicada**, v. 18, n. 2, p. 178–204, 2011.
- DUVAL, E. Attention please!: learning analytics for visualization and recommendation. In: ACM. **Proceedings of the 1st International Conference on Learning Analytics and Knowledge**. [S.l.], 2014. p. 9–17.
- FERRAZ, A.; BELHOT, R. V. et al. Taxonomia de bloom: revisão teórica e apresentação das adequações do instrumento para definição de objetivos instrucionais. **Gest. Prod., São Carlos, SciELO Brasil**, v. 17, n. 2, p. 421–431, 2010.
- FIGUEIRAS, A. A typology for data visualization on the web. In: IEEE. **Information Visualisation (IV), 2013 17th International Conference**. [S.l.], 2016. p. 351–358.
- FILATRO, A. **Design instrucional na prática**. [S.l.]: Pearson Education do Brasil São Paulo, 2008.
- FILATRO, A.; PICONEZ, S. C. B. Design instrucional contextualizado. **São Paulo: Senac**, 2013.
- FLICK, U. Introdução à pesquisa qualitativa. porto alegre: Artmed, 2009. **Ocupacional da Universidade de São Paulo**, p. 71–77, 2009.
- FRIENDLY, M. Milestones in the history of data visualization: A case study in statistical historiography. In: **Classification—the Ubiquitous Challenge**. [S.l.]: Springer, 2005. p. 34–52.
- FRIENDLY, M.; DENIS, D. The early origins and development of the scatterplot. **Journal of the History of the Behavioral Sciences**, Wiley Online Library, v. 41, n. 2, p. 103–130, 2005.
- FRIENDLY, M.; KWAN, E. Effect ordering for data displays. **Computational statistics & data analysis**, Elsevier, v. 43, n. 4, p. 509–539, 2003.
- FUNKHOUSER, H. G. Historical development of the graphical representation of statistical data. **Osiris**, The Saint Catherine Press Ltd., v. 3, p. 269–404, 1937.

- GELLER, M.; TAROUCO, L. M.; FRANCO, S. R. Adaptando ambientes virtuais: reunindo educação a distância e estilos cognitivos. In: **Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)**. [S.l.: s.n.], 2004. v. 1, n. 1, p. 450–459.
- GENTNER, D.; STEVENS, A. L. **Mental models**. [S.l.]: Psychology Press, 2015.
- GOLDSTEIN, P. J.; KATZ, R. N. **Academic analytics: The uses of management information and technology in higher education**. [S.l.]: Educause, 2005. v. 8.
- HABER, R. B.; MCNABB, D. A. Visualization idioms: A conceptual model for scientific visualization systems. **Visualization in scientific computing**, v. 74, p. 93, 1990.
- HAGE, H.; AIMEUR, E. E-learning for the new generations, a web 2.0 approach. In: **E-learning**. [S.l.]: InTech, 2013.
- HUTCHINS, E. **Cognition in the Wild**. [S.l.]: MIT press, 1995.
- JOHNSON, S. D.; ARAGON, S. R. An instructional strategy framework for online learning environments. **New directions for adult and continuing education**, Wiley Online Library, v. 2003, n. 100, p. 31–43, 2003.
- KANNO, M. Infografe: como e porque usar infográficos para criar visualizações e comunicar de forma imediata e eficiente. **São Paulo: Infolide**, 2015.
- KANTARDZIC, M. **Data mining: concepts, models, methods, and algorithms**. [S.l.]: John Wiley & Sons, 2011.
- KARTHWOHL, D. R.; ANDERSON, W. A revision of bloom's taxonomy: An overview theory into practice. **The Ohio State University**, 2002.
- KEHRER, J.; HAUSER, H. Visualization and visual analysis of multifaceted scientific data: A survey. **IEEE transactions on visualization and computer graphics**, IEEE, v. 19, n. 3, p. 495–513, 2013.
- KENSKI, V. M. Aprendizagem mediada pela tecnologia. **Revista diálogo educacional, Curitiba**, v. 4, n. 10, p. 47–56, 2003.
- KOPER, R. Modeling units of study from a pedagogical perspective: the pedagogical meta-model behind eml. 2001.
- KUNNEN, E.; NUCIFORA, S. Evaluating blackboard use on your campus: A review of the “project astro” greenhouse grant. 2009.
- LANDIM, C. Educação a distância: algumas considerações. **Niterói–RJ, [sn]**, 2009.
- LIU, Y.; HAO, L. Information graphics as a visual language. In: IEEE. **Computer-Aided Industrial Design & Conceptual Design (CAIDCD), 2010 IEEE 11th International Conference on**. [S.l.], 2013. v. 1, p. 757–761.
- MAZZA, R.; DIMITROVA, V. Informing the design of a course data visualisator: an empirical study. In: **5th International Conference on New Educational Environments (ICNEE 2003)**. [S.l.: s.n.], 2003. p. 215–220.

- MEDEIROS, C. et al. Atid-authoring tool for instructional design. In: **Anais dos Workshops do Congresso Brasileiro de Informática na Educação**. [S.l.: s.n.], 2015. v. 4, n. 1, p. 383.
- MENEZES, D. et al. David- a model of data visualization for the instructional design. In: IEEE. **Advanced Learning Technologies (ICALT), 2017 IEEE 17th International Conference on**. [S.l.], 2017.
- MINARD, C.-J. **Des tableaux graphiques et des cartes figuratives**. [S.l.]: Thunot, 1861.
- MOISSA, B. et al. Uma ferramenta de visualização da informação para analisar o comportamento do aluno em um ambiente e-learning e sua trajetória de aprendizagem. **InfoDesign-Revista Brasileira de Design da Informação**, v. 11, n. 3, p. 337–351, 2014.
- MOLEND, M. In search of the elusive addie model. **Performance improvement**, v. 42, n. 5, p. 34–37, 2003.
- MOREIRA, A. F. B.; KRAMER, S. Contemporaneidade, educação e tecnologia. **Educação & Sociedade**, Centro de Estudos Educação e Sociedade, v. 28, n. 100, p. 1037–1057, 2015.
- MUNZNER, T. **Visualization analysis and design**. [S.l.]: CRC Press, 2014.
- NANAVATI, A. A. et al. On the structural properties of massive telecom call graphs: findings and implications. In: ACM. **Proceedings of the 15th ACM international conference on Information and knowledge management**. [S.l.], 2006. p. 435–444.
- NASCIMENTO, R. B. d.; FILLHO, N. T. Correio eletrônico como recurso didático no ensino superior: o caso da universidade federal do ceará. **Ciência da informação**, SciELO Brasil, v. 31, n. 2, p. 86–97, 2002.
- NESBITT, K. V. Getting to more abstract places using the metro map metaphor. In: IEEE. **Information Visualisation, 2004. IV 2004. Proceedings. Eighth International Conference on**. [S.l.], 2004. p. 488–493.
- NOE, R. Learning system design: A guide to creating effective learning initiatives. **SHRM Foundation**, 2009.
- OMRANI, F.; HAROUNABADI, A.; RAFE, V. An adaptive method based on high-level petri nets for e-learning. **Journal of Software Engineering and Applications**, Scientific Research Publishing, v. 4, n. 10, p. 559, 2011.
- PALSKY, G. **Des chiffres et des cartes: naissance et développement de la cartographie quantitative française au XIXe siècle**. [S.l.]: Comité des travaux historiques et scientifiques-CTHS, 1996. v. 19.
- PEDROSA, T. M.; TOUTAIN, L. B. O uso das cores como informação em interfaces digitais. **VI Cinform–Bahia**, 2005.
- PEROZZO, L. Della rappresentazione grafica di una collettività di individui nella successione del tempo. **Annali di Statistica**, v. 12, p. 1–16, 1880.

- PINEO, D.; WARE, C. Data visualization optimization via computational modeling of perception. **IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics**, IEEE, v. 18, n. 2, p. 309–320, 2014.
- PLAYFAIR, W. **The statistical breviary; shewing, on a principle entirely new, the resources fo every state and kingdom in Europe; illustated with stained copper-plate charts, representing the physical powers of each distinct nation with ease and perspicuity. By William Playair.** [S.l.]: T. Bensley, J. Wallis [etc., etc.], 1801.
- ROTH, S. F.; MATTIS, J. Data characterization for intelligent graphics presentation. In: ACM. **Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems.** [S.l.], 1990. p. 193–200.
- SAFARI, S.; MOHAMMADI-BOLBANABAD, H.; KAZEMI, M. Evaluation mental work load in nursing critical care unit with national aeronautics and space administration task load index (nasa-tlx). **Health System Research**, v. 9, n. 6, p. 613–9, 2015.
- SALLABERRY, A. et al. Interactive visualization and navigation of web search results revealing community structures and bridges. In: CANADIAN INFORMATION PROCESSING SOCIETY. **Proceedings of Graphics Interface 2010.** [S.l.], 2010. p. 105–112.
- SANTOS, E. M. dos et al. Avaliação de cursos on-line: uma análise sob a perspectiva do design instrucional. 2013.
- SANTOS R.G.; RAMIRES, P. Análise da carga mental dos profissionais na área de tecnologia em gestão da produção industrial. **Congresso internacional de Adm**, 2014.
- SCAIFE, M.; ROGERS, Y. External cognition: how do graphical representations work? **International journal of human-computer studies**, Elsevier, v. 45, n. 2, p. 185–213, 1996.
- SEBRECHTS, M. M. et al. Visualization of search results: a comparative evaluation of text, 2d, and 3d interfaces. In: ACM. **Proceedings of the 22nd annual international ACM SIGIR conference on Research and development in information retrieval.** [S.l.], 1999. p. 3–10.
- SHEARER, R. No significant difference and distance education. **Retrieved on July**, v. 1, p. 2006, 2002.
- SIEMENS, G. Sensemaking: Beyond analytics as a technical activity. **Presentation at the EDUCAUSE ELI**, 2015.
- SIEMENS, G.; BAKER, R. S. d. Learning analytics and educational data mining: towards communication and collaboration. In: ACM. **Proceedings of the 2nd international conference on learning analytics and knowledge.** [S.l.], 2012. p. 252–254.
- SILVA, H. Integrando a história oral e as narrativas a abordagens pedagógicas problematizadoras na formação inicial de professores de matemática. **Revista de Educação PUC-Campinas-ISSNe 2318-0870**, v. 18, n. 3, 2014.

- SILVA, L. A. M. da. Sobre a criação de unidades de aprendizagem do padrão ims learning design: um estudo prático. 2008.
- SOMASUNDARAM, G.; SHRIVASTAVA, A. et al. **Armazenamento e gerenciamento de informações: como armazenar, gerenciar e proteger informações digitais**. [S.l.]: Bookman Editora, 2009.
- TUCKER, D. **The Application of the Dick and Carey Systems Approach Model to a Macromedia® Flash Tutorial**. 2002.
- TUFTE, E. R. et al. Visual explanations: images and quantities, evidence and narrative. **Computers in Physics**, AIP Publishing, v. 12, n. 2, p. 146–148, 1998.
- TURKEY, C. et al. Representative factor generation for the interactive visual analysis of high-dimensional data. **IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics**, IEEE, v. 18, n. 12, p. 2621–2630, 1976.
- VANTROYS, T.; PETER, Y. Cow, a flexible platform for the enactment of learning scenarios. **Groupware: Design, Implementation, and Use**, Springer, p. 168–182, 2003.
- WRIGHT, S. The relative importance of heredity and environment in determining the piebald pattern of guinea-pigs. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, National Acad Sciences, v. 6, n. 6, p. 320–332, 1920.
- YANG, Y. et al. Many-to-many geographically-embedded flow visualisation: an evaluation. **IEEE transactions on visualization and computer graphics**, IEEE, v. 23, n. 1, p. 411–420, 2017.
- ZHANG, H. et al. Moodog: Tracking students' online learning activities. In: **Proceedings of World conference on educational multimedia, hypermedia and telecommunications**. [S.l.: s.n.], 2007. v. 25, p. 4415–4422.
- ZHOU, F. et al. Entvis: A visual analytic tool for entropy-based network traffic anomaly detection. **IEEE computer graphics and applications**, IEEE, v. 35, n. 6, p. 42–50, 2015.

Apêndices

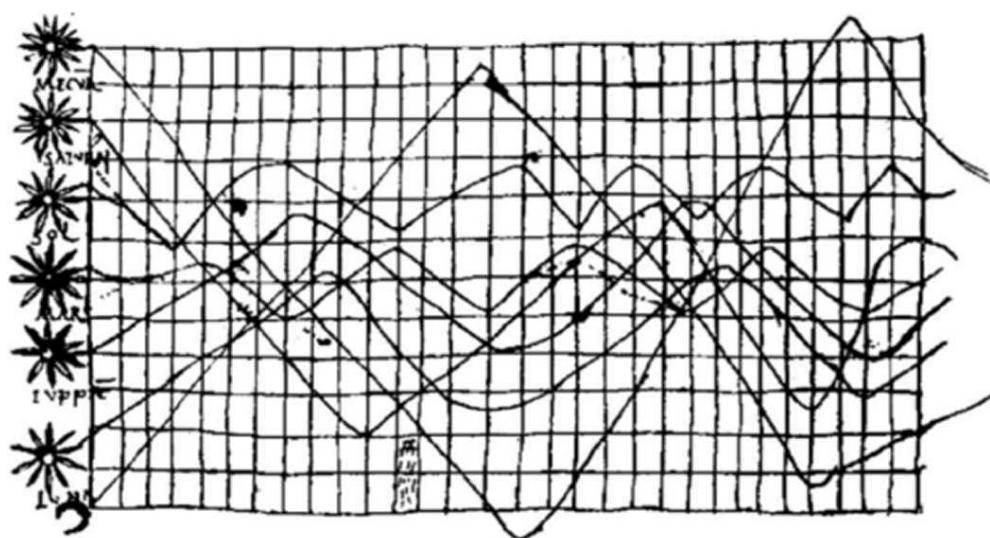
APÊNDICE A

História da Visualização de Dados

A origem da visualização de dados data dos séculos XVI e XVII, onde as primeiras representações foram feitas por diagramas geométricos, tabelas que mostravam as posições das estrelas e até mesmo os mapas. Com a expansão marítima da Europa no século XVI, foram desenvolvidas novas técnicas e instrumentos que possibilitaram o desenvolvimento de novas formas de visualização e de conhecimento (FRIENDLY, 2005).

A Figura 91 ilustra um gráfico de séries de tempo, que é um tipo de visualização que faz uma alteração no posicionamento dos sete grandes corpos celestes no espaço e no tempo, sendo estas, as primeiras representações gráficas de informação quantitativa encontradas no século X (FUNKHOUSER, 1937). É possível observar na Figura 91, que o eixo vertical representa a inclinação das órbitas planetárias, e o eixo horizontal mostra o tempo dividido em trinta intervalos.

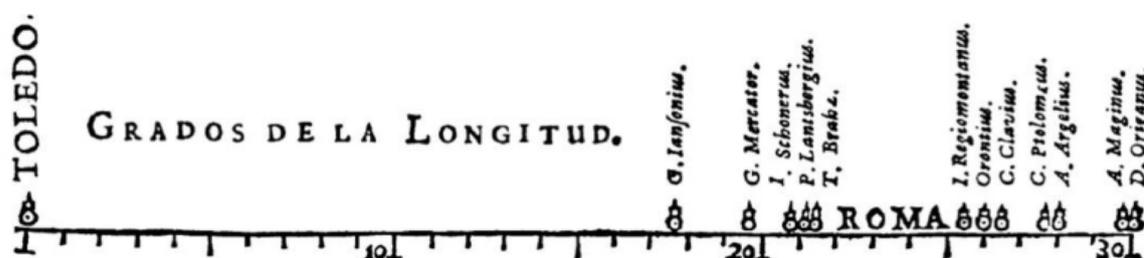
Figura 91 – Visualização do movimento planetário.



Fonte: (FUNKHOUSER, 1937)

As primeiras formas de visualização de medição foram desenvolvidas no período de 1600-1699. Os principais problemas do século anterior se referiam a medição física do tempo, distância e espaço para a astronomia, navegação e expansão territorial. Durante este século, vários campos tiveram um avanço significativo, tais como: as estimativas, as probabilidades, a demografia e todo o domínio da estatística. Um astrônomo flamenco da corte da Espanha chamado Michael Florent van Langren, desenvolveu um gráfico de linha que mostra os 12 pontos conhecidos da diferença de longitude entre Toledo e Roma (Figura 92). Este gráfico representa a primeira visualização de dados estatísticos (TUFTE et al., 1998).

Figura 92 – Gráfico da distância de Toledo a Roma.



Fonte: (TUFTE et al., 1998)

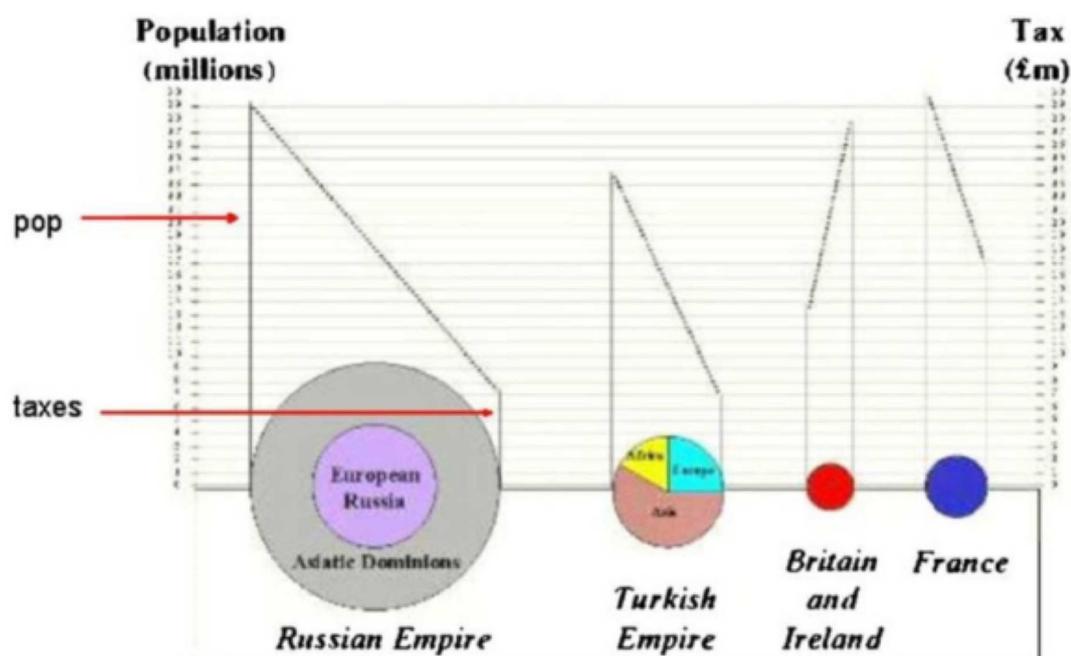
O gráfico apresentado na Figura 92 é o mais antigo exemplo conhecido do princípio do efeito de ordenação para visualização de dados, sendo considerado um marco na história da visualização de dados (FRIENDLY; KWAN, 2003). O primeiro mapa do tempo foi criado por Edmond Halley em 1686, e tinha como objetivo mostrar a prevalência dos ventos em um mapa geográfico.

Novas fórmulas gráficas foram criadas no século XVIII, possibilitando que os cartógrafos mostrassem mais do que a posição geográfica. Áreas como geologia, economia, demografia e saúde começaram a ser mapeadas até o final deste século. Sendo assim, novas formas de visualização começaram a surgir com o aumento do volume de dados, determinando a inclusão de novas tecnologias, tais como, cor, litografia e a imprensa, abrindo caminho para uma nova forma de visualizar as informações.

O inglês Joseph Priestley criou em 1765 um gráfico de linha do tempo, onde mostrava a expectativa de vida de 2000 pessoas famosas a partir de 1200 até 1750, onde o tempo de vida foi apresentado por gráfico de barras (FRIENDLY; DENIS, 2005). Em 1779 o alemão Johann Heinrich Lambert, criou a análise gráfica da variação sazonal da temperatura do solo (FRIENDLY, 2005). Playfair (1801), foi considerado o inventor de formas gráficas mais utilizadas até hoje, sendo o criador do gráfico em barras, do gráfico em pizza e do gráfico em círculos. É possível observar na Figura 93 uma comparação visual entre a

população e os impostos em vários países através de uma combinação criativa de diferentes forma visuais: círculos, linhas e pizza.

Figura 93 – Gráfico que compara as populações e impostos de vários países.



Fonte: (PLAYFAIR, 1801)

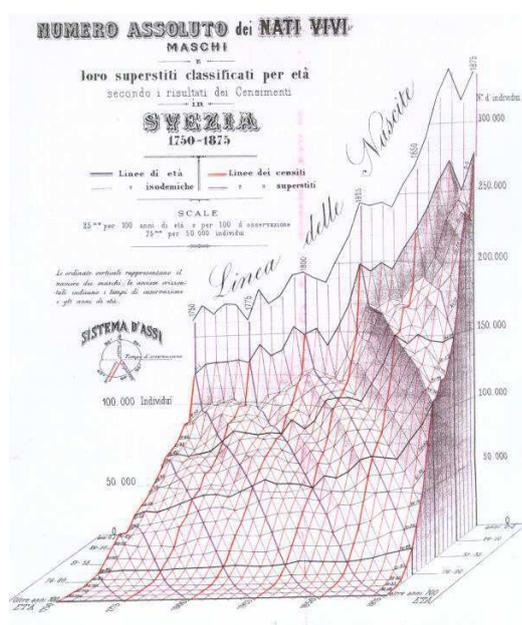
A infografia ou infográficos são um tipo de representação visual gráfica, muitas vezes complexa, que tem como objetivo facilitar a compreensão dos dados através de uma linguagem visual. Utiliza-se estes gráficos quando é preciso explicar a informação de forma mais dinâmica, como em mapas, jornalismo e manuais técnicos, educativos ou científicos. Por ser um recurso muitas vezes complexo, pode-se utilizar uma combinação de fotografia, desenho e texto para facilitar sua compreensão (LIU; HAO, 2013).

O início da infografia moderna se deu na primeira metade do século XIX, onde houve um grande crescimento de gráficos estatísticos e de mapeamento temático. Todas as formas de gráficos estatísticos conhecidas hoje foram desenvolvidas nesta época. Na cartografia, mapas simples foram transformados em atlas complexos baseados em uma grande variedade de dados (Figura 94).

Nesse gráfico existem seis variáveis que forma uma única imagem. A primeira representa a largura do trajeto que é proporcional ao número de soldados sobreviventes na campanha da guerra. A segunda e a terceira representam a latitude e longitude, respectivamente. A quarta, a direção de ida e volta sinalizada por cores. Quinto, a localização do exército em datas específicas, e por último, a temperatura do trajeto.

Novos gráficos foram surgindo de acordo com as tentativas de visualização de mais de duas variáveis simultaneamente, sendo necessário incluir uma terceira dimensão para representar estes dados. Perozzo (1880), com base no Censo da Suécia durante o período de 1750-1875, criou um gráfico em três dimensões que representa a população da Suécia neste período (Figura 96).

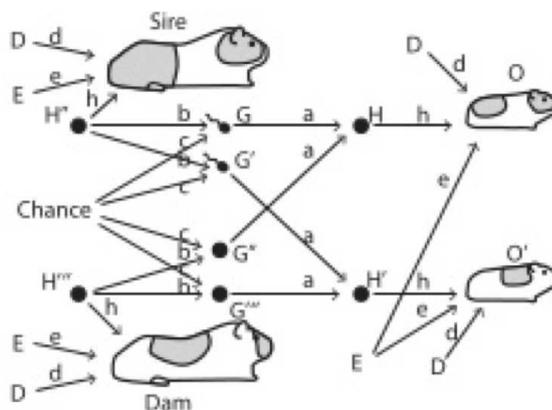
Figura 96 – Gráfico 3D da população da Suécia.



Fonte: (PEROZZO, 1880)

Após este período, iniciou-se o período negro dos gráficos de estatística, que se deu de 1900 a 1949, aconteceram poucas inovações gráficas e o entusiasmo vivido no século passado foi suplantado pelo crescimento da quantificação e modelos formais. Durante este período, tudo o que foi alcançado consegue se popularizar, seja no governo, no comércio e ciência. A visualização gráfica é consagrada para explicar novas descobertas e teorias (FRIENDLY; DENIS, 2005). Em 1920, foi criado o gráfico de setas por Sewall Wright, que tinha como objetivo mostrar a relação entre variáveis, formando um sistema estrutural (Figura 97).

Figura 97 – Diagrama de seta.



Fonte: (WRIGHT, 1920)

Com base em diagramas de circuitos, Harry Beck criou em 1933 o mapa do metrô de Londres (Figura 98), que se tornou um símbolo reconhecido mundialmente por sua simplicidade e clareza (NESBITT, 2004).

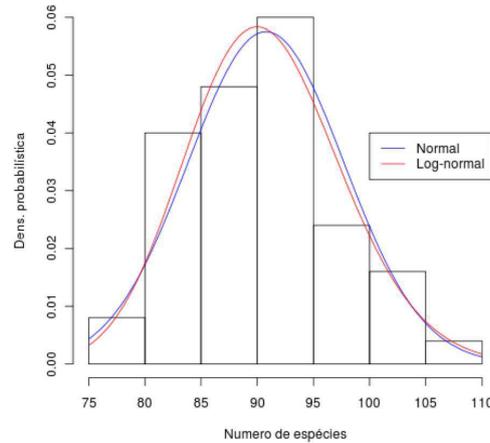
Figura 98 – Mapa do Metrô de Londres.



Fonte: (NESBITT, 2004)

O renascimento da visualização se deu no período de 1950-1974. A visualização de dados começou a sair do esquecimento em 1960. Em 1965, John W. Turkey (TURKEY et al., 1976) reconhece a importância da análise gráfica dos dados, lançando novos padrões e inovações contribuindo para a evolução do histograma da análise de demonstrações contábeis, (técnica que realiza a decomposição, comparação e interpretação dos demonstrativos financeiros da empresa) utilizando as novas propostas de comparação visual (Figura 99).

Figura 99 – Histograma de análise de contas.

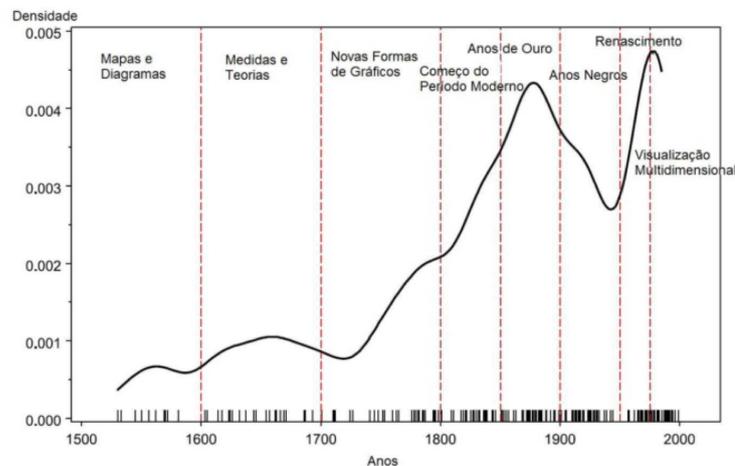


Fonte: (TURKEY et al., 1976).

De 1975 até os dias atuais, o computador se tornou um grande aliado para a visualização de dados, ocorrendo diversas inovações nesta época, como por exemplo: o desenvolvimento de software e sistemas de computador altamente interativos e de fácil manipulação. Os novos paradigmas de manipulação de dados, a invenção de técnicas gráficas e métodos de visualização multidimensionais também deixaram sua marca.

A divisão das fases da história da visualização de dados proporcionou a oportunidade de caracterizar cada fase com eventos específicos que ocorreram de acordo com o que foi apresentado. A Figura 100 mostra uma visualização gráfica da distribuição temporal dos eventos considerados como marco na história da visualização de dados, mostrando a frequência destes eventos.

Figura 100 – Infográfico dos Marcos da visualização de dados.



Fonte: (FRIENDLY; DENIS, 2005).

APÊNDICE B

Questionário de Usabilidade Ergonômica

Preencha completamente o questionário de ergonomia de Bastien e Scapin, de acordo com sua opinião. Com base nos critérios apresentados, qual a sua opinião sobre a utilização do DaVID? Marque a alternativa de acordo com o índice.

[1] Nunca [2] Raramente [3] Às Vezes [4] Várias Vezes [5] Frequentemente

Questionário de Ergonomia de Bastien e Scapin	1	2	3	4	5
O agrupamento das informações e a utilização das formas e cores possuem características visuais compatíveis com a proposta?					
O menu de configuração encontra-se em posição de destaque, e facilmente identificado?					
Os elementos apresentados na interface (botões, check box, caixa de texto, informações) são facilmente distinguíveis?					
Existe sobreposição de informação?					
As informações e os objetos apresentados são legíveis?					
As informações apresentadas possuem o devido destaque, através de cores, formas, fonte ou recursos de estilo?					
Quando selecionado, os objetos ficam em destaque ou em posição adequada?					
Existe algum tipo de informação desnecessária ou redundante?					
A proposta apresenta apenas informações relevantes à tarefa?					
O uso das cores (Verde, Amarelo e Vermelha) para representar o desempenho sobre a realização das atividades por um grupo de alunos é adequada?					

APÊNDICE C

Questionário de problemas encontrados na proposta de visualização de dados

Questionário que deverá ser respondido após a utilização do DaVID, com o objetivo de identificar os problemas de usabilidade encontrados e classificando-os de acordo com o grau de importância.

Legenda:

Irrelevante: problema que precisa ser reparado apenas se desejado;

Simples: problemas comuns, mas que precisam ser reparados, se possível.

Grave: problemas que precisam ser reparados, pois podem afetar o desempenho.

Urgente: problemas que devem ser reparados de qualquer maneira, pois impedem o funcionamento adequado da proposta de visualização de dados.

Problema 1:	Importância: <input type="checkbox"/> Irrelevante <input type="checkbox"/> Simples <input type="checkbox"/> Grave <input type="checkbox"/> Urgente
Problema 2:	Importância: <input type="checkbox"/> Irrelevante <input type="checkbox"/> Simples <input type="checkbox"/> Grave <input type="checkbox"/> Urgente
Problema 3:	Importância: <input type="checkbox"/> Irrelevante <input type="checkbox"/> Simples <input type="checkbox"/> Grave <input type="checkbox"/> Urgente

APÊNDICE D

Experiências Anteriores

Será feita uma pausa de 15 (quinze) minutos para o preenchimento do questionário demográfico e de experiências anteriores.

Nome: _____

Idade:

- Até 19 anos
- de 20 a 25 anos
- de 26 a 30 anos
- de 31 a 35 anos
- de 36 a 40 anos
- mais de 40 anos

Sexo:

- Masculino
- Feminino

Grau de Instrução:

- 2º grau incompleto
- 2º grau completo
- Superior incompleto
- Superior completo
- Pós-graduação

1. Antes desta ocasião, você teve quaisquer outras experiências significativas onde as visualizações geradas pelo computador lhe ajudou na aprendizagem e/ou tomada de decisão de alguma situação?

Sim Não

Obs.: (As questões 2 e 3 só deverão ser respondidas, em caso afirmativo)

2. De que forma você acha que as informações geradas pelas visualizações de dados podem te ajudar na tomada de decisão?
3. Quais os aspectos da sua experiência de aprendizagem você acha que foram mais reforçadas com a utilização das técnicas de visualização de dados?

APÊNDICE E

Carga Mental de Trabalho

Prezado(a) Instrutor(a), A sua opinião sobre o seu trabalho é de extrema importância. Pedimos, por gentileza, o preenchimento deste questionário que está dividido em duas partes. Na primeira parte serão apresentadas 15 combinações binárias dos seis fatores que influenciam na carga cognitiva de trabalho. É solicitado que os senhores marquem um X ou circule os pares relacionados, aquele fator que representa a carga de trabalho durante a realização da tarefa.

Na segunda etapa, solicitamos que sejam respondidas as questões referentes aos seis fatores que influenciam na carga cognitiva de trabalho. Deverá ser marcado um X na escala que melhor representa sua opinião com relação aos itens apresentados. O questionário não pode conter a identificação dos participantes, pois as informações são sigilosas e serão importantes para o trabalho em questão.

Tabela 5 – Componentes da carga de trabalho e suas definições (NASA-TLX).

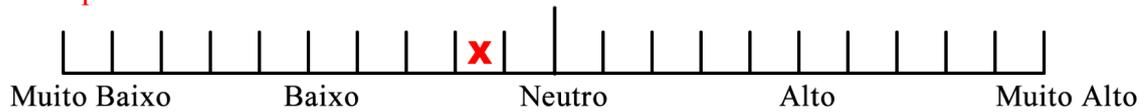
Fator	Descrição
Demanda Física	É uma atividade necessária para realização de tarefas como: calcular, decidir, procurar, lembrar, olhar, etc.
Performance	Nível de satisfação obtida com base no desempenho pessoal durante a realização de uma tarefa.
Demanda Temporal	Pressão imposta para a realização de um trabalho, ou seja, para que se utilize o menor tempo possível em uma tarefa e/ou se faça um maior número de tarefas no menor tempo.
Esforço	O quanto se deve trabalhar, seja no aspecto físico ou mental que é necessário para alcançar um nível desejado de desempenho.
Nível de Frustração	Fatores essenciais que podem inibir ou influenciar a realização de um trabalho, tais como: irritação, estresse, insegurança, falta de estímulo, contrariedade, etc.
Demanda Mental	É a atividade física necessária para a realização de uma tarefa, tais como: deslizar, puxar, empurrar, girar, etc.

Marque um X em um dos fatores, entre os pares abaixo, que você considera como a fonte mais significativa para a carga de trabalho durante a realização de uma tarefa.

Demanda Mental	X	Demanda Física
Demanda Mental	X	Demanda Temporal
Demanda Mental	X	Performance
Demanda Mental	X	Esforço
Demanda Mental	X	Nível de Frustração
Demanda Física	X	Demanda Temporal
Demanda Física	X	Performance
Demanda Física	X	Esforço
Demanda Física	X	Nível de Frustração
Demanda Temporal	X	Performance
Demanda Temporal	X	Esforço
Demanda Temporal	X	Nível de Frustração
Performance	X	Esforço
Performance	X	Nível de Frustração
Nível de Frustração	X	Esforço

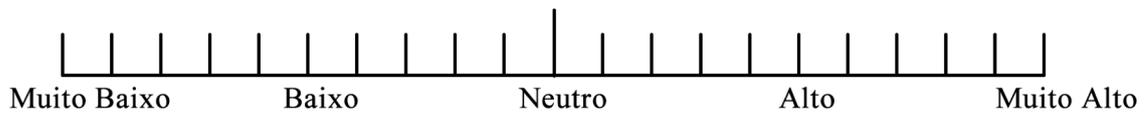
Com base na escala apresentada, marque sua opinião sobre o nível de influência dos fatores abaixo para a realização de sua tarefa.

Exemplo

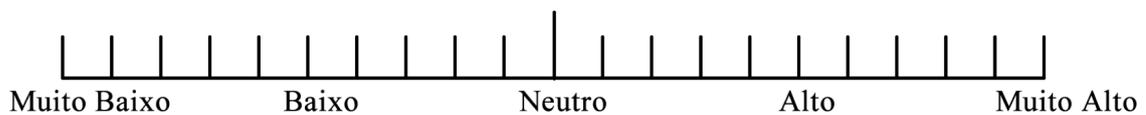


Questionário de Carga Mental de Trabalho – NASA TLX

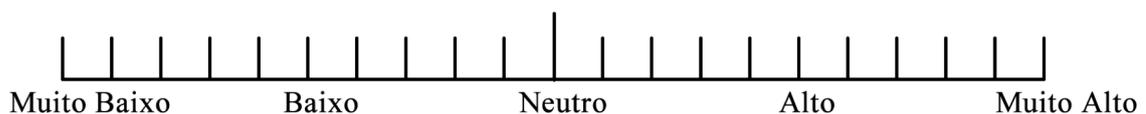
1. Durante a realização da tarefa, qual o nível de esforço empregado para pensar, lembrar ou decidir?



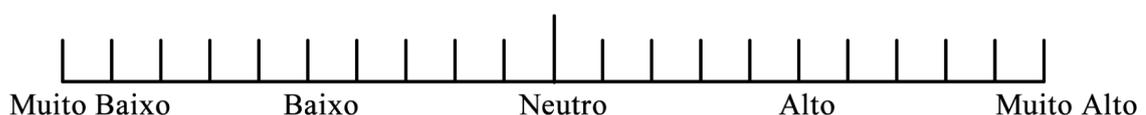
2. Qual o nível de esforço físico foi utilizado para manipular o mouse no módulo de visualização de dados durante a realização da tarefa?



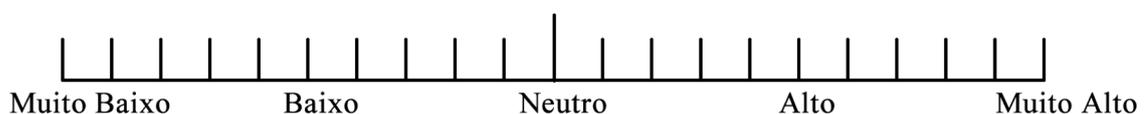
3. Qual o nível de preocupação com o tempo para a realização da tarefa?



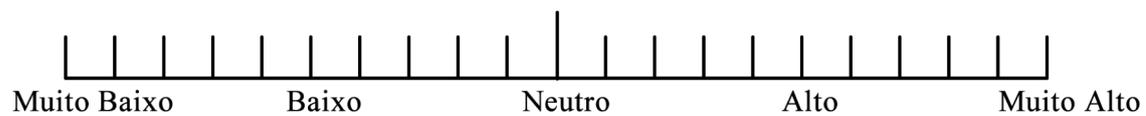
4. Qual o nível de esforço necessário para a realização da tarefa?



5. Qual o nível de sucesso ou satisfação obtidos na realização da tarefa?



6. Qual o nível de stress, insegurança, irritabilidade obtido na realização da tarefa?



APÊNDICE F

Valores da Taxa Global Ponderada com o suporte do DaVID

Participante 1				
Folha de Ponderação das Taxas				TGP
Subfator	Peso	Taxa	Ajuste (Peso x Taxa)	
Exigência Mental	4	65	260	17,33
Exigência Física	0	45	0	0,00
Exigência Temporal	2	45	90	6,00
Nível de Esforço	2	35	70	4,67
Nível de Realização	3	55	165	11,00
Nível de Frustração	1	40	40	2,67
Totais			625	41,67

Participante 2				
Folha de Ponderação das Taxas				TGP
Subfator	Peso	Taxa	Ajuste (Peso x Taxa)	
Exigência Mental	5	60	300	20,00
Exigência Física	1	50	50	3,33
Exigência Temporal	3	40	120	8,00
Nível de Esforço	1	45	45	3,00
Nível de Realização	3	55	165	11,00
Nível de Frustração	2	60	120	8,00
Totais			800	53,33

Participante 3				
Folha de Ponderação das Taxas				TGP
Subfator	Peso	Taxa	Ajuste (Peso x Taxa)	
Exigência Mental	5	55	275	18,33
Exigência Física	1	45	45	3,00
Exigência Temporal	2	35	70	4,67
Nível de Esforço	4	50	200	13,33
Nível de Realização	3	45	135	9,00
Nível de Frustração	1	45	45	3,00
Totais			770	51,33

Participante 4				
Folha de Ponderação das Taxas				TGP
Subfator	Peso	Taxa	Ajuste (Peso x Taxa)	
Exigência Mental	2	50	100	6,67
Exigência Física	2	55	110	7,33
Exigência Temporal	3	30	90	6,00
Nível de Esforço	5	45	225	15,00
Nível de Realização	2	50	100	6,67
Nível de Frustração	2	45	90	6,00
Totais			715	47,67

Participante 5				
Folha de Ponderação das Taxas				TGP
Subfator	Peso	Taxa	Ajuste (Peso x Taxa)	
Exigência Mental	4	65	260	17,33
Exigência Física	1	50	50	3,33
Exigência Temporal	0	55	0	0,00
Nível de Esforço	2	55	110	7,33
Nível de Realização	3	70	210	14,00
Nível de Frustração	1	65	65	4,33
Totais			695	46,33

Participante 6				
Folha de Ponderação das Taxas				TGP
Subfator	Peso	Taxa	Ajuste (Peso x Taxa)	
Exigência Mental	2	55	110	7,33
Exigência Física	3	50	150	10,00
Exigência Temporal	4	45	180	12,00
Nível de Esforço	2	55	110	7,33
Nível de Realização	3	40	120	8,00
Nível de Frustração	2	65	130	8,67
Totais			800	53,33

Participante 7				
Folha de Ponderação das Taxas				TGP
Subfator	Peso	Taxa	Ajuste (Peso x Taxa)	
Exigência Mental	5	45	225	15,00
Exigência Física	1	65	65	4,33
Exigência Temporal	2	55	110	7,33
Nível de Esforço	4	40	160	10,67
Nível de Realização	3	45	135	9,00
Nível de Frustração	0	70	0	0,00
Totais			695	46,33

Participante 8				
Folha de Ponderação das Taxas				TGP
Subfator	Peso	Taxa	Ajuste (Peso x Taxa)	
Exigência Mental	2	30	60	4,00
Exigência Física	0	35	0	0,00
Exigência Temporal	4	40	160	10,67
Nível de Esforço	2	55	110	7,33
Nível de Realização	4	35	140	9,33
Nível de Frustração	3	50	150	10,00
Totais			620	41,33

Participante 9				
Folha de Ponderação das Taxas				TGP
Subfator	Peso	Taxa	Ajuste (Peso x Taxa)	
Exigência Mental	3	35	105	7,00
Exigência Física	1	55	55	3,67
Exigência Temporal	2	65	130	8,67
Nível de Esforço	5	40	200	13,33
Nível de Realização	4	55	220	14,67
Nível de Frustração	1	35	35	2,33
Totais			745	49,67

Participante 10				
Folha de Ponderação das Taxas				TGP
Subfator	Peso	Taxa	Ajuste (Peso x Taxa)	
Exigência Mental	0	45	0	0,00
Exigência Física	5	65	325	21,67
Exigência Temporal	1	70	70	4,67
Nível de Esforço	2	55	110	7,33
Nível de Realização	3	40	120	8,00
Nível de Frustração	2	45	90	6,00
Totais			715	47,67

Participante 11				
Folha de Ponderação das Taxas				TGP
Subfator	Peso	Taxa	Ajuste (Peso x Taxa)	
Exigência Mental	5	50	250	16,67
Exigência Física	1	55	55	3,67
Exigência Temporal	0	45	0	0,00
Nível de Esforço	2	55	110	7,33
Nível de Realização	3	50	150	10,00
Nível de Frustração	4	45	180	12,00
Totais			745	49,67

Participante 12				
Folha de Ponderação das Taxas				TGP
Subfator	Peso	Taxa	Ajuste (Peso x Taxa)	
Exigência Mental	3	45	135	9,00
Exigência Física	4	65	260	17,33
Exigência Temporal	2	40	80	5,33
Nível de Esforço	3	35	105	7,00
Nível de Realização	1	65	65	4,33
Nível de Frustração	2	70	140	9,33
Totais			785	52,33

Participante 13				
Folha de Ponderação das Taxas				TGP
Subfator	Peso	Taxa	Ajuste (Peso x Taxa)	
Exigência Mental	5	50	250	16,67
Exigência Física	3	40	120	8,00
Exigência Temporal	0	65	0	0,00
Nível de Esforço	1	55	55	3,67
Nível de Realização	1	50	50	3,33
Nível de Frustração	3	45	135	9,00
Totais			610	40,67

Participante 14				
Folha de Ponderação das Taxas				TGP
Subfator	Peso	Taxa	Ajuste (Peso x Taxa)	
Exigência Mental	4	40	160	10,67
Exigência Física	0	35	0	0,00
Exigência Temporal	3	55	165	11,00
Nível de Esforço	5	45	225	15,00
Nível de Realização	2	65	130	8,67
Nível de Frustração	1	50	50	3,33
Totais			730	48,67

Participante 15				
Folha de Ponderação das Taxas				TGP
Subfator	Peso	Taxa	Ajuste (Peso x Taxa)	
Exigência Mental	5	45	225	15,00
Exigência Física	1	55	55	3,67
Exigência Temporal	2	35	70	4,67
Nível de Esforço	3	65	195	13,00
Nível de Realização	2	70	140	9,33
Nível de Frustração	0	75	0	0,00
Totais			685	45,67

Participante 16				
Folha de Ponderação das Taxas				TGP
Subfator	Peso	Taxa	Ajuste (Peso x Taxa)	
Exigência Mental	2	55	110	7,33
Exigência Física	4	40	160	10,67
Exigência Temporal	2	45	90	6,00
Nível de Esforço	2	50	100	6,67
Nível de Realização	2	45	90	6,00
Nível de Frustração	1	55	55	3,67
Totais			605	40,33

Participante 17				
Folha de Ponderação das Taxas				TGP
Subfator	Peso	Taxa	Ajuste (Peso x Taxa)	
Exigência Mental	5	35	175	11,67
Exigência Física	1	35	35	2,33
Exigência Temporal	2	50	100	6,67
Nível de Esforço	3	60	180	12,00
Nível de Realização	3	45	135	9,00
Nível de Frustração	2	35	70	4,67
Totais			695	46,33

Participante 18				
Folha de Ponderação das Taxas				TGP
Subfator	Peso	Taxa	Ajuste (Peso x Taxa)	
Exigência Mental	4	45	180	12,00
Exigência Física	1	60	60	4,00
Exigência Temporal	3	60	180	12,00
Nível de Esforço	3	55	165	11,00
Nível de Realização	2	50	100	6,67
Nível de Frustração	0	65	0	0,00
Totais			685	45,67

Participante 19				
Folha de Ponderação das Taxas				TGP
Subfator	Peso	Taxa	Ajuste (Peso x Taxa)	
Exigência Mental	3	55	165	11,00
Exigência Física	3	65	195	13,00
Exigência Temporal	2	55	110	7,33
Nível de Esforço	1	45	45	3,00
Nível de Realização	0	65	0	0,00
Nível de Frustração	5	45	225	15,00
Totais			740	49,33

Participante 20				
Folha de Ponderação das Taxas				TGP
Subfator	Peso	Taxa	Ajuste (Peso x Taxa)	
Exigência Mental	5	45	225	15,00
Exigência Física	2	55	110	7,33
Exigência Temporal	1	35	35	2,33
Nível de Esforço	1	40	40	2,67
Nível de Realização	2	60	120	8,00
Nível de Frustração	4	55	220	14,67
Totais			750	50,00

Participante 21				
Folha de Ponderação das Taxas				TGP
Subfator	Peso	Taxa	Ajuste (Peso x Taxa)	
Exigência Mental	4	55	220	14,67
Exigência Física	3	45	135	9,00
Exigência Temporal	2	55	110	7,33
Nível de Esforço	2	60	120	8,00
Nível de Realização	0	65	0	0,00
Nível de Frustração	1	70	70	4,67
Totais			655	43,67

Participante 22				
Folha de Ponderação das Taxas				TGP
Subfator	Peso	Taxa	Ajuste (Peso x Taxa)	
Exigência Mental	2	45	90	6,00
Exigência Física	5	40	200	13,33
Exigência Temporal	3	55	165	11,00
Nível de Esforço	4	40	160	10,67
Nível de Realização	1	45	45	3,00
Nível de Frustração	2	35	70	4,67
Totais			730	48,67

APÊNDICE G

Valores da Taxa Global Ponderada sem o suporte do DaVID

Participante 1				
Folha de Ponderação das Taxas				TGP
Subfator	Peso	Taxa	Ajuste (Peso x Taxa)	
Exigência Mental	5	65	325	21,67
Exigência Física	1	75	75	5,00
Exigência Temporal	3	70	210	14,00
Nível de Esforço	3	55	165	11,00
Nível de Realização	4	55	220	14,67
Nível de Frustração	2	60	120	8,00
Totais			1115	74,33

Participante 2				
Folha de Ponderação das Taxas				TGP
Subfator	Peso	Taxa	Ajuste (Peso x Taxa)	
Exigência Mental	4	65	260	17,33
Exigência Física	3	50	150	10,00
Exigência Temporal	4	65	260	17,33
Nível de Esforço	2	45	90	6,00
Nível de Realização	1	45	45	3,00
Nível de Frustração	5	60	300	20,00
Totais			1105	73,67

Participante 3				
Folha de Ponderação das Taxas				TGP
Subfator	Peso	Taxa	Ajuste (Peso x Taxa)	
Exigência Mental	3	70	210	14,00
Exigência Física	3	65	195	13,00
Exigência Temporal	1	55	55	3,67
Nível de Esforço	4	65	260	17,33
Nível de Realização	4	45	180	12,00
Nível de Frustração	2	40	80	5,33
Totais			980	65,33

Participante 4				
Folha de Ponderação das Taxas				TGP
Subfator	Peso	Taxa	Ajuste (Peso x Taxa)	
Exigência Mental	3	45	135	9,00
Exigência Física	1	55	55	3,67
Exigência Temporal	4	55	220	14,67
Nível de Esforço	4	45	180	12,00
Nível de Realização	2	50	100	6,67
Nível de Frustração	5	60	300	20,00
Totais			990	66,00

Participante 5				
Folha de Ponderação das Taxas				TGP
Subfator	Peso	Taxa	Ajuste (Peso x Taxa)	
Exigência Mental	5	55	275	18,33
Exigência Física	0	75	0	0,00
Exigência Temporal	1	90	90	6,00
Nível de Esforço	2	55	110	7,33
Nível de Realização	4	55	220	14,67
Nível de Frustração	3	80	240	16,00
Totais			935	62,33

Participante 6				
Folha de Ponderação das Taxas				TGP
Subfator	Peso	Taxa	Ajuste (Peso x Taxa)	
Exigência Mental	4	65	260	17,33
Exigência Física	0	55	0	0,00
Exigência Temporal	1	70	70	4,67
Nível de Esforço	2	75	150	10,00
Nível de Realização	3	60	180	12,00
Nível de Frustração	5	60	300	20,00
Totais			960	64,00

Participante 7				
Folha de Ponderação das Taxas				TGP
Subfator	Peso	Taxa	Ajuste (Peso x Taxa)	
Exigência Mental	4	75	300	20,00
Exigência Física	2	70	140	9,33
Exigência Temporal	1	85	85	5,67
Nível de Esforço	2	65	130	8,67
Nível de Realização	5	40	200	13,33
Nível de Frustração	3	65	195	13,00
Totais			1050	70,00

Participante 8				
Folha de Ponderação das Taxas				TGP
Subfator	Peso	Taxa	Ajuste (Peso x Taxa)	
Exigência Mental	5	65	325	21,67
Exigência Física	4	60	240	16,00
Exigência Temporal	2	55	110	7,33
Nível de Esforço	1	40	40	2,67
Nível de Realização	0	45	0	0,00
Nível de Frustração	4	55	220	14,67
Totais			935	62,33

Participante 9				
Folha de Ponderação das Taxas				TGP
Subfator	Peso	Taxa	Ajuste (Peso x Taxa)	
Exigência Mental	4	50	200	13,33
Exigência Física	5	75	375	25,00
Exigência Temporal	3	90	270	18,00
Nível de Esforço	0	75	0	0,00
Nível de Realização	1	70	70	4,67
Nível de Frustração	3	55	165	11,00
Totais			1080	72,00

Participante 10				
Folha de Ponderação das Taxas				TGP
Subfator	Peso	Taxa	Ajuste (Peso x Taxa)	
Exigência Mental	2	55	110	7,33
Exigência Física	3	65	195	13,00
Exigência Temporal	5	65	325	21,67
Nível de Esforço	1	65	65	4,33
Nível de Realização	3	50	150	10,00
Nível de Frustração	4	50	200	13,33
Totais			1045	69,67

Participante 11				
Folha de Ponderação das Taxas				TGP
Subfator	Peso	Taxa	Ajuste (Peso x Taxa)	
Exigência Mental	5	80	400	26,67
Exigência Física	2	70	140	9,33
Exigência Temporal	1	30	30	2,00
Nível de Esforço	2	50	100	6,67
Nível de Realização	0	45	0	0,00
Nível de Frustração	4	65	260	17,33
Totais			930	62,00

Participante 12				
Folha de Ponderação das Taxas				TGP
Subfator	Peso	Taxa	Ajuste (Peso x Taxa)	
Exigência Mental	3	35	105	7,00
Exigência Física	4	45	180	12,00
Exigência Temporal	2	35	70	4,67
Nível de Esforço	3	55	165	11,00
Nível de Realização	1	45	45	3,00
Nível de Frustração	2	65	130	8,67
Totais			695	46,33

Participante 13				
Folha de Ponderação das Taxas				TGP
Subfator	Peso	Taxa	Ajuste (Peso x Taxa)	
Exigência Mental	2	65	130	8,67
Exigência Física	5	70	350	23,33
Exigência Temporal	3	85	255	17,00
Nível de Esforço	2	75	150	10,00
Nível de Realização	0	65	0	0,00
Nível de Frustração	1	90	90	6,00
Totais			975	65,00

Participante 14				
Folha de Ponderação das Taxas				TGP
Subfator	Peso	Taxa	Ajuste (Peso x Taxa)	
Exigência Mental	3	65	195	13,00
Exigência Física	1	75	75	5,00
Exigência Temporal	5	50	250	16,67
Nível de Esforço	2	40	80	5,33
Nível de Realização	4	55	220	14,67
Nível de Frustração	2	65	130	8,67
Totais			950	63,33

Participante 15				
Folha de Ponderação das Taxas				TGP
Subfator	Peso	Taxa	Ajuste (Peso x Taxa)	
Exigência Mental	4	85	340	22,67
Exigência Física	3	80	240	16,00
Exigência Temporal	5	65	325	21,67
Nível de Esforço	0	75	0	0,00
Nível de Realização	1	45	45	3,00
Nível de Frustração	2	55	110	7,33
Totais			1060	70,67

Participante 16				
Folha de Ponderação das Taxas				TGP
Subfator	Peso	Taxa	Ajuste (Peso x Taxa)	
Exigência Mental	3	65	195	13,00
Exigência Física	5	60	300	20,00
Exigência Temporal	1	65	65	4,33
Nível de Esforço	0	65	0	0,00
Nível de Realização	3	55	165	11,00
Nível de Frustração	4	80	320	21,33
Totais			1045	69,67

Participante 17				
Folha de Ponderação das Taxas				TGP
Subfator	Peso	Taxa	Ajuste (Peso x Taxa)	
Exigência Mental	5	75	375	25,00
Exigência Física	2	70	140	9,33
Exigência Temporal	1	55	55	3,67
Nível de Esforço	3	65	195	13,00
Nível de Realização	2	55	110	7,33
Nível de Frustração	3	45	135	9,00
Totais			1010	67,33

Participante 18				
Folha de Ponderação das Taxas				TGP
Subfator	Peso	Taxa	Ajuste (Peso x Taxa)	
Exigência Mental	3	45	135	9,00
Exigência Física	4	65	260	17,33
Exigência Temporal	5	75	375	25,00
Nível de Esforço	2	80	160	10,67
Nível de Realização	3	55	165	11,00
Nível de Frustração	1	65	65	4,33
Totais			1160	77,33

Participante 19				
Folha de Ponderação das Taxas				TGP
Subfator	Peso	Taxa	Ajuste (Peso x Taxa)	
Exigência Mental	3	55	165	11,00
Exigência Física	2	65	130	8,67
Exigência Temporal	1	65	65	4,33
Nível de Esforço	2	75	150	10,00
Nível de Realização	2	85	170	11,33
Nível de Frustração	4	80	320	21,33
Totais			1000	66,67

Participante 20				
Folha de Ponderação das Taxas				TGP
Subfator	Peso	Taxa	Ajuste (Peso x Taxa)	
Exigência Mental	3	50	150	10,00
Exigência Física	4	60	240	16,00
Exigência Temporal	4	60	240	16,00
Nível de Esforço	5	45	225	15,00
Nível de Realização	2	55	110	7,33
Nível de Frustração	3	45	135	9,00
Totais			1100	73,33

Participante 21				
Folha de Ponderação das Taxas				TGP
Subfator	Peso	Taxa	Ajuste (Peso x Taxa)	
Exigência Mental	4	75	300	20,00
Exigência Física	3	65	195	13,00
Exigência Temporal	2	85	170	11,33
Nível de Esforço	2	90	180	12,00
Nível de Realização	0	80	0	0,00
Nível de Frustração	1	75	75	5,00
Totais			920	61,33

Participante 22				
Folha de Ponderação das Taxas				TGP
Subfator	Peso	Taxa	Ajuste (Peso x Taxa)	
Exigência Mental	5	85	425	28,33
Exigência Física	2	80	160	10,67
Exigência Temporal	3	55	165	11,00
Nível de Esforço	4	65	260	17,33
Nível de Realização	2	45	90	6,00
Nível de Frustração	0	75	0	0,00
Totais			1100	73,33

APÊNDICE H

Tarefas Realizadas para Avaliação da Efetividade

Roteiro para execução das tarefas:

1. As tarefas serão distribuídas aos participantes, uma de cada vez, levando em consideração a ordem crescente do nível de dificuldade. Serão lindas e entregues aos participantes, onde o mesmo poderá consultar sempre que julgar necessário.
2. Os participantes serão questionados sobre a existência de alguma dúvida, onde logo em seguida será iniciada a execução das tarefas. As tarefas serão executadas como se o participante estivesse em uma situação real. Ao chegar ao resultado desejado, o participante deverá escrever as informações encontradas e informar sobre o seu término, recebendo, logo em seguida, a próxima tarefa.
3. Toda a interação do usuário será capturada sem interferir na execução da tarefa, além de ser observado pelo avaliador, onde o mesmo poderá anotar observações, assim como comentários e reações do participante. Quando cada participante concluir uma tarefa, será feita uma rápida entrevista com o objetivo de esclarecer eventuais dúvidas a respeito de possíveis incidentes de interação realizados.
4. Os participantes poderão fazer questionamentos, no entanto, nem todos poderão ser respondidos, pois o objetivo é simular uma situação real. Os participantes não precisam se preocupar com os resultados, pois o objetivo é avaliar a usabilidade do módulo de visualização de dados.

Agora que todos receberam as informações necessárias sobre o experimento, as tarefas deverão ser realizadas com o conhecimento prévio adquirido, onde será necessário realizar três tarefas. Cada tarefa deverá ser realizada em no máximo 15 minutos.

Podem começar a tarefa.

Primeiro Cenário: Utilizando o Ambiente Virtual de Aprendizagem com o suporte do módulo de visualização de dados.

Vamos imaginar que o usuário está em seu ambiente de trabalho e precisa analisar indicadores do acompanhamento do desempenho dos alunos utilizando apenas os recursos oferecidos pelo ambiente virtual de aprendizagem da instituição. O usuário já possui o conhecimento técnico do AVA e está apto para realizar as tarefas.

Você como instrutor, tem como função monitorar e avaliar o desempenho dos alunos em um ambiente virtual de aprendizagem, além de identificar as atividades que apresentam o maior índice de reprovação por parte dos alunos, assim como, aquelas que apresentam o maior índice de sucesso. Frequentemente, é necessário fazer um relatório com os indicadores de qualidade dos alunos. Neste relatório, com base nestes indicadores, realize as seguintes tarefas:

1. Identificar as atividades que tiveram maior índice de aproveitamento, levando em consideração o maior tempo de acesso e o menor tempo de acesso a esta atividade.
2. Identificar as atividades que tiveram o maior índice de aproveitamento, levando em consideração o perfil do aluno com base nos seguintes parâmetros: Sexo Feminino, Idade entre 19 e 27 e solteira.
3. Identificar as atividades (melhor caminho) que apresentaram o maior índice de sucesso em sua realização.

Segundo Cenário: Utilizando o Ambiente Virtual de Aprendizagem sem o suporte do módulo de visualização de dados.

Vamos imaginar que o usuário está em seu ambiente de trabalho e precisa analisar indicadores do acompanhamento do desempenho dos alunos utilizando apenas os recursos oferecidos pelo ambiente virtual de aprendizagem da instituição. O usuário já possui o conhecimento técnico do AVA e está apto para realizar as tarefas.

Você como instrutor, tem como função monitorar e avaliar o desempenho dos alunos em um ambiente virtual de aprendizagem, além de identificar as atividades que apresentam o maior índice de reprovação por parte dos alunos, assim como, aquelas que apresentam o maior índice de sucesso. Frequentemente, é necessário fazer um relatório com os indicadores de qualidade dos alunos. Neste relatório, com base nestes indicadores, realize as seguintes tarefas:

1. Identificar as atividades que tiveram o menor índice de aproveitamento, levando em consideração o maior tempo de acesso e o menor tempo de acesso a esta atividade.
2. Identificar as atividades que tiveram o menor índice de aproveitamento, levando em consideração o perfil do aluno com base nos seguintes parâmetros: Sexo Masculino, Idade maior que 25 anos e casado.
3. Identificar as atividades (pior caminho) que apresentaram o menor índice de aproveitamento em sua realização.