



Universidade de Brasília

Instituto de Ciências Exatas
Departamento de Ciência da Computação

**Aplicações Educacionais na Web Descentralizada:
Uma Investigação em Perspectiva da Ética
Computacional e da Privacidade de Dados à Luz do
LMS Moodle**

Alexandre Victor Curcino Vasconcelos Cruvinel
Lucas Gonçalves Morais

Monografia apresentada como requisito parcial
para conclusão do Curso de Computação — Licenciatura

Orientadora
Prof.a Dr.a Germana Menezes da Nóbrega

Brasília
2023



Universidade de Brasília

Instituto de Ciências Exatas
Departamento de Ciência da Computação

**Aplicações Educacionais na Web Descentralizada:
Uma Investigação em Perspectiva da Ética
Computacional e da Privacidade de Dados à Luz do
LMS Moodle**

Alexandre Victor Curcino Vasconcelos Cruvinel
Lucas Gonçalves Morais

Monografia apresentada como requisito parcial
para conclusão do Curso de Computação — Licenciatura

Prof.a Dr.a Germana Menezes da Nóbrega (Orientadora)
IE/CIC/UnB

Prof. Dr. Jorge Henrique Cabral Fernandes Prof. Dr. Wilson Henrique Veneziano
IE/CIC/UnB IE/CIC/UnB

Prof. Dr. Jorge Henrique Cabral Fernandes
Coordenador do Curso de Computação — Licenciatura

Brasília, 05 de Setembro de 2023

Ficha catalográfica elaborada automaticamente,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

CC957a Cruvinel, Alexandre Victor Curcino Vasconcelos
Aplicações Educacionais na Web Descentralizada: Uma
Investigação em Perspectiva da Ética Computacional e da
Privacidade de Dados à Luz do LMS Moodle / Alexandre Victor
Curcino Vasconcelos Cruvinel, Lucas Gonçalves Morais;
orientador Germana Menezes da Nóbrega. -- Brasília, 2023.
63 p.

Monografia (Graduação - Computação Licenciatura) --
Universidade de Brasília, 2023.

1. Análise de Aprendizagem. 2. Indicadores. 3. Aplicações
Educacionais. 4. Web Descentralizada. 5. Aprendizagem ao
Longo da Vida. I. Morais, Lucas Gonçalves . II. Nóbrega,
Germana Menezes da, orient. III. Título.

Dedicatória

Eu, Lucas Gonçalves Morais, dedico este trabalho aos meus amigos da faculdade por terem me auxiliado até a conclusão desse, o qual representa o fim de um ciclo e o início de outros. Ademais, agradeço muito à minha mãe pelo fato de sempre ter me apoiado em minhas decisões, acreditado em mim e me auxiliado da maneira que pôde, e também à minha amiga Suzana por me incentivar a ir em busca dos meus sonhos e acreditar em mim.

Eu, Alexandre Victor Curcino Vasconcelos Cruvinel, dedico esse trabalho a todo o curso de Computação Licenciatura da Universidade de Brasília, incluindo corpo docente e discente, a quem fico lisonjeado por dele ter feito parte, mas também agradeço a todos os que me ajudaram ao longo desta caminhada. Além disso, não há exemplo maior de dedicação que o da nossa família, à qual admiro profundamente. Este resultado é fruto do esforço árduo de um ano e, portanto, reconheço que sem Deus eu não teria capacidade para desenvolver este trabalho com exatidão. Por fim, encerro esta dedicação fazendo um agradecimento aos meus pais e à minha namorada, pois é graças ao esforço deles atrelado ao meu que hoje posso concluir o meu curso.

Agradecimentos

Agradecemos, primeiramente, à nossa orientadora Germana Menezes da Nóbrega, que nos apoiou e orientou durante toda a idealização e confecção deste trabalho, prezando sempre pelo nosso aprendizado. Além disso, demonstrou ser uma pessoa comprometida e companheira, auxiliando com rapidez, clareza e paciência. Outra pessoa extremamente importante foi um aluno de Computação, que nos explicou sobre o *Solid POD*. E por fim, agradecemos à Universidade de Brasília e ao Departamento de Ciência da Computação por fornecer toda a estrutura necessária, bem como excelentes profissionais da área de pesquisa e docência.

Resumo

Este trabalho teve como meta descrever um Moodle em que os dados dos estudantes sejam descentralizados, por meio do *Solid POD*, em conjunto com indicadores de aprendizagem ao longo da vida. Os estudantes poderão obter esses indicadores durante o ensino médio e superior, ou seja, ao adquirirem um indicador referente à depuração de código durante uma atividade realizada na disciplina de algoritmos de programação. Além disso, serão apresentados os benefícios da análise de aprendizagem, baseando-se em um levantamento teórico inicial da percepção em relação ao Moodle Centralizado, bem como a proposição de uma recomendação de um Moodle Descentralizado, com base nas compreensões coletadas. O *Solid POD* é uma ferramenta do *Projeto de Descentralização da Web* que pode ser utilizada para compor o projeto do ecossistema educacional smartUnB.ECOS [1]. Essa pesquisa teve como base um grande levantamento teórico para embasar a proposta de aprendizagem ao longo da vida, com a ideia de um sistema de gestão da aprendizagem chamado Moodle, em que os estudantes são detentores de seus dados. Ao final do trabalho, foi proposto um leque de possibilidades para trabalhos futuros, e como exemplo temos a implementação de telas e do Moodle onde esses alunos irão conseguir levar seus trabalhos ao longo da vida no *Solid POD*.

Palavras-chave: Web Descentralizada, Sistema de Gestão da Aprendizagem, *Solid POD*, Indicadores, Aplicações Educacionais, Aprendizagem ao Longo da Vida, Análise de Aprendizagem.

Abstract

This work aimed to describe a Moodle platform where students data is decentralized through the use of *Solid POD*, along with lifelong learning indicators. Students will be able to obtain these indicators during both high school and higher education. For instance, they could acquire an indicator related to code debugging during an activity in the algorithms programming course. Additionally, the benefits of learning analysis will be presented, based on an initial theoretical survey of perceptions regarding Centralized Moodle, as well as the proposal of a Decentralized Moodle based on the insights gathered. The *Solid POD* is a tool from the *Web Decentralization Project*, which can be utilized in the development of the smartUnB.ECOS educational ecosystem [1]. This research involved extensive theoretical investigation to support the proposal for lifelong learning within a learning management system called Moodle, where students have ownership of their data. At the end of the work, a range of possibilities for future research emerged, such as the implementation of interfaces and the Moodle itself, where students can store their lifelong work in the *Solid POD*.

Keywords: Decentralized Web, Learning Management Systems, Solid POD, Indicators, Educational Applications, LifeLong Learning, Learning Analytics.

Sumário

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Introdução | 1 |
| 1.1 | Contextualização | 1 |
| 1.2 | Motivação e Justificativa | 2 |
| 1.3 | Questão/Problema de Pesquisa | 3 |
| 1.4 | Objetivos | 3 |
| 1.4.1 | Objetivo Geral | 3 |
| 1.4.2 | Objetivos Específicos | 4 |
| 1.5 | Estrutura do Trabalho | 4 |
| 2 | Trabalhos Relacionados | 6 |
| 2.1 | Aplicações Web Educacionais e Descentralização | 6 |
| 2.2 | Aplicações Descentralizadas em uma Web por seu Criador | 10 |
| 2.3 | Considerações Finais do Capítulo | 16 |
| 3 | Referencial Teórico e Tecnológico | 18 |
| 3.1 | <i>Lifelong Learning</i> : O Contexto da Contribuição | 18 |
| 3.2 | <i>Solid</i> : A Web Descentralizada Segundo Berners-Lee | 21 |
| 3.3 | <i>Learning Analytics</i> | 23 |
| 3.3.1 | Que Benefícios? | 23 |
| 3.3.2 | <i>AIED</i> , Ética e Privacidade: Riscos Mapeados e Desafios a Superar | 25 |
| 3.3.3 | <i>LA</i> para <i>Lifelong Learning</i> : <i>Framework PERLA</i> e Indicadores | 27 |
| 3.4 | Moodle como Ambiente Digital para Realização de Atividades | 33 |
| 3.4.1 | Recursos de <i>LA</i> no Moodle | 36 |
| 3.4.2 | Vulnerabilidades | 39 |
| 3.5 | Considerações Finais: Rumo a uma <i>Learning Analytics</i> Justa, Ética e Cuidadosa | 41 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 4 | Indicadores Armazenados por Intermédio de um <i>POD</i>: Uma Visão do Mecanismo, Cálculo, Manutenção e Cenários de Uso a Posteriori | 43 |
| 4.1 | Mecanismo para Atualização de Competências e Habilidades no <i>POD</i> | 44 |
| 4.1.1 | <i>Learning Analytics</i> para Calcular Indicadores Sobre Registros de Realização de Atividades | 47 |
| 4.1.2 | Manutenção de Indicadores no <i>POD</i> por <i>Owner (CRUD)</i> | 48 |
| 4.1.3 | Cenários de Utilização a Posteriori por Aplicações <i>Solid Compatíveis</i> . | 49 |
| 4.2 | Comparando Moodle Centralizado x Moodle Descentralizado | 53 |
| 4.3 | Considerações Finais | 54 |
| 5 | Conclusão | 56 |
| 5.1 | Objetivos Alcançados | 56 |
| 5.2 | Contribuições | 57 |
| 5.3 | Trabalhos Futuros | 57 |
| | Referências | 59 |

Lista de Figuras

| | | |
|-----|--|----|
| 1.1 | Projeto do Ecosistema educacional SmartUnB.ECOS. | 2 |
| 2.1 | Fluxo do sistema e integração do <i>Solid</i> com a tecnologia <i>Blockchain</i> | 12 |
| 2.2 | Arquitetura de sistema proposta por SHARIF. | 13 |
| 3.1 | Trajeto <i>Lifelong Learning</i> do Estudante Passando pela Aprendizagem Formal. | 19 |
| 3.2 | Registro da Aprendizagem ao Longo da Vida. | 20 |
| 3.3 | Plataforma <i>Solid</i> | 22 |
| 3.4 | Benefícios e Melhorias promovidos pelo uso de Análise de Aprendizagem. | 25 |
| 3.5 | Tabela de Indicadores e suas Métricas. | 28 |
| 3.6 | Ciclo da Análise de Aprendizagem. | 29 |
| 3.7 | Estrutura do <i>PERLA</i> | 31 |
| 3.8 | Sete etapas das atividades personalizadas. | 32 |
| 3.9 | Interfaces de Programação de Aplicações da Análise de Aprendizagem. | 37 |
| 4.1 | Tela do <i>Solid POD</i> da <i>Inrupt</i> | 44 |
| 4.2 | Caso de Uso do Professor. | 45 |
| 4.3 | Caso de Uso do Estudante. | 46 |
| 4.4 | Cálculo de Indicadores Utilizando Análise de Aprendizagem. | 47 |
| 4.5 | Manutenção de Indicadores no <i>POD por Owner</i> | 49 |
| 4.6 | Exemplo de atividade criada pelo professor. | 51 |
| 4.7 | Visão da atividade recebida pelo professor. | 52 |
| 4.8 | Visão do estudante para inserir informação no <i>POD</i> | 52 |
| 4.9 | Comparação do Moodle Centralizado x Moodle Descentralizado. | 54 |

Lista de Abreviaturas e Siglas

AIED Inteligência Artificial na Educação.

API Interface de Programação de Aplicações.

CLR Comprehensive Learner Record Standard.

GDPR Regulamento Geral sobre a Proteção de Dados.

IP Internet Protocol.

IRA Índice de Rendimento Acadêmico.

LA Learning Analytics.

LGPD Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais.

LLL Lifelong Learning.

LMS Learning Management Systems.

MEC Ministério da Educação.

RA Realidade Aumentada.

Solid Social Linked Data.

UnB Universidade de Brasília.

Capítulo 1

Introdução

Este capítulo apresenta os elementos fundamentais para a introdução desta pesquisa. Primeiramente apresentando a contextualização. Logo em seguida a motivação/justificativa, questão/problema de pesquisa, os objetivos e por último, a estrutura do trabalho com as divisões de cada capítulo.

1.1 Contextualização

A priori, com o advento de novas tecnologias educacionais como os LMS (Sistemas de Gestão de Aprendizagem), vem surgindo preocupações com os dados de quem está inserido nesses sistemas, principalmente, quando se trata de análise de aprendizagem como a Ferguson, Rebecca [2] menciona em seu artigo. Dessa forma, em um artigo mais recente [3] ela obteve como resultado a seguinte média: 74% dos entrevistados se sentiam mais confortáveis com a coleta dos dados pessoais, tendo como base a ética computacional e privacidade dos dados amparada pela LGPD - *Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais*.

Assim, surge uma perspectiva de Web Descentralizada, como exemplo o *Solid POD Server do MIT*, tendo como visão o projeto da SmartUnB.ECOS, o qual é um projeto de ecossistema educacional digital para atendimento à comunidade de campus universitário que busca prover a interoperabilidade de ferramentas de comunicação e educação, a fim de fomentar a socialização e aprendizagem [4]. A Figura 1.1 mostra a imagem do projeto:

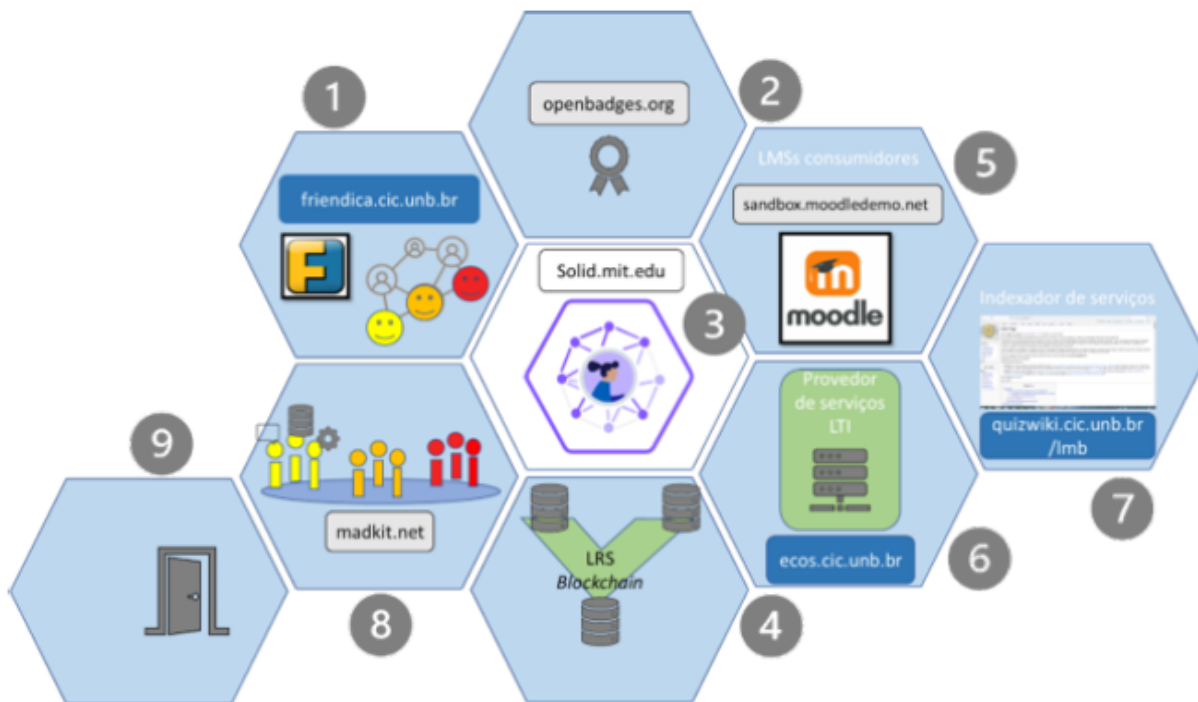


Figura 1.1: Projeto do Ecosistema educacional SmartUnB.ECOS (Fonte: [4]).

Em suma, diante dos pontos apresentados surge uma necessidade de investigação em perspectiva da ética computacional e da privacidade de dados, em relação a aplicações educacionais na Web Descentralizada. Mas antes disso, devemos trazer o que motiva e justifica esse trabalho.

1.2 Motivação e Justificativa

Antes de mais nada, trabalhos teóricos são importantes, a fim de validar as ideias propostas junto a pesquisas, e isso demanda muito tempo, pois é necessário realizar o planejamento do projeto, a coleta, leitura de artigos, análise dos dados do Moodle e do *Solid POD Server*. No artigo da Ferguson, Rebecca [3], essas etapas da análise de aprendizagem ficaram bem definidas, porque teve como objetivo trazer os aspectos cruciais para validar os pontos importantes de uma futura implementação no ambiente acadêmico.

Além disso, a análise de aprendizagem está com várias pesquisas disponíveis, desde o seu conceito até a validação dos principais tópicos, trazendo inúmeros benefícios, os quais a LA transfere aos estudantes, professores e gestores. E temos também, a interação dos participantes em cada um dos Moodles, tanto ao Centralizado quanto ao Descentralizado. Assim, foram obtidos resultados positivos e negativos relacionados a cada Moodle, partindo da comparação das informações coletadas em artigos e proposições, nas quais

foram tiradas conclusões. Dito isso, ainda se fez necessário duas pessoas presentes para equilibrar à escrita/pesquisa da monografia e atingir mais ideias a respeito deste tema, o qual é importantíssimo nos dias atuais.

As pesquisas da Ferguson, Rebecca e Holmes, Wayne [5] [6], reforçam a necessidade de implementar uma análise de aprendizagem, que seja capaz de integrar-se por meio de plug-ins com as demais aplicações existentes no ambiente acadêmico chamado Moodle. Dessa forma, é desejável que se realize uma pesquisa mais aprofundada, a fim de validar um experimento da análise de aprendizagem no âmbito educacional, em um ambiente chamado Aprender 3 da Universidade de Brasília - UnB.

1.3 Questão/Problema de Pesquisa

Com base na motivação e justificativa evidenciada, entende-se que este trabalho aborda as seguintes questões de pesquisa:

- De que modo os estudantes das universidades utilizam o Moodle Centralizado e como é visto uma possível aplicação de um Moodle Descentralizado segundo artigos e também a nossa perspectiva para fomentar a interação de um *Solid POD* tendo o poder de permitir que seus dados sejam compartilhados nas aplicações educacionais em uma perspectiva da Ética Computacional e da Privacidade de Dados?
- Quais perspectivas podemos ter de uma instância do Moodle Descentralizado personalizado com a análise de aprendizagem para o ambiente acadêmico, à luz de tais percepções baseadas no Sistema de Gestão de Aprendizagem LMS ao longo da vida?

Pode-se observar que a segunda indagação é baseada na resposta da primeira, por isso, são complementares. A priori, esta pesquisa serve de suporte para trabalhos futuros que irão personalizar o Moodle Descentralizado de acordo com as percepções, análises e extrações de dados educacionais coletados.

1.4 Objetivos

Nesta seção são demonstrados os objetivos que permeiam a monografia, trazendo primeiramente o objetivo geral do trabalho e posteriormente os objetivos específicos.

1.4.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é contribuir para demonstrar a importância da Web Descentralizada para aplicações educacionais na educação formal e ressaltar sua relevância para aprendizagem ao longo da vida.

1.4.2 Objetivos Específicos

Seguem abaixo os objetivos específicos deste trabalho:

- Propor a *Learning Analytics* para calcular indicadores sobre registros de realização de atividades;
- Propor cenários de utilização a posteriori por aplicações *Solid Compatíveis*; e
- Fazer uma análise comparativa entre o Moodle Centralizado com um possível Descentralizado, apresentando pontos positivos e negativos.

1.5 Estrutura do Trabalho

Este trabalho é composto de 5 capítulos que serão explicados abaixo.

No Capítulo 1 é realizada uma introdução com aspectos gerais e específicos sobre as Aplicações Educacionais na Web Descentralizada, tendo como base uma Investigação em Perspectiva da Ética Computacional e da Privacidade de Dados à Luz do LMS Moodle, contextualizando o problema, apresentando a organização do trabalho entre outros aspectos.

No Capítulo 2 é realizada a revisão de literatura, onde foram elencados os trabalhos que serviram como base teórica para o desenvolvimento desta pesquisa.

O Capítulo 3 apresenta o referencial teórico utilizado na monografia, começando com a explicação do *Lifelong Learning*, descrevendo o *Solid POD Server* segundo citação de Berners-Lee, e introduzindo à *Learning Analytics* junto com seus benefícios. Posteriormente, *AIED*, ética e privacidade com seus riscos mapeados e desafios a superar, explorando também LA para *Lifelong Learning* trazendo o *Framework PERLA* e indicadores. Logo após, descrevendo-se as características do Moodle como Ambiente Digital em conjunto com recursos da LA no LMS Moodle atrelado as potenciais vulnerabilidades e trazendo uma perspectiva LA justa, ética e cuidadosa utilizada no processo da aprendizagem dos estudantes.

No Capítulo 4 é apresentada propostas em relação ao trabalho, trazendo possíveis mecanismo para atualização de competências e habilidades no *POD*, além da LA para calcular indicadores sobre registros de realização de atividades em conjunto de como seria uma manutenção desses indicadores. Dessa forma, surge possíveis cenários de utilização a posteriori por aplicações *Solid Compatíveis*. Não obstante, são mostradas as análises comparativas feitas para adequar a aplicação em um Moodle Centralizado e Moodle Descentralizado. Por último, mas não menos importante, as considerações finais do capítulo.

Por fim, o Capítulo 5, finaliza o trabalho expondo as conclusões e elencando possíveis pesquisas futuras. Não somente isso, mas também as contribuições feitas para essa área em ascensão.

Capítulo 2

Trabalhos Relacionados

O objetivo deste capítulo é apresentar estudos relevantes que abordaram a análise de redes descentralizadas em ambientes, aplicações Web Educacionais, validação da *privacidade de dados* voltados para educação e interação ao sistema de aprendizagem formal, por exemplo: LMS. Para isso, foram selecionados artigos que avaliaram o contexto em geral utilizando diferentes formas de coletas de dados, são elas: notícias, artigos científicos e páginas na Web.

Vale ressaltar que alguns dos estudos relacionados se encaixam em mais de uma temática, como por exemplo o Ricklefs, Hannes [7], que implantou uma maneira do indivíduo informar recomendações, sem que nenhum dos serviços precise processar ou manter os dados. Além disso, o Sharif veio apresentado uma confiança e imutabilidade devido a tecnologia *Blockchain*. Portanto, classificamos as pesquisas levando em consideração a temática abordada em cada artigo, tendo relevância o Metaverso e as gerações da Web ao passar dos anos.

Com isso, é importante informar que os trabalhos foram pesquisados em fontes relevantes da área de Informática na Educação, são elas: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos - IEEE, *Association for Computing Machinery - ACM* e *World Wide Web Consortium - W3C*.

2.1 Aplicações Web Educacionais e Descentralização

Primordialmente, contextualizando um pouco sobre as aplicações Web educacionais e descentralização o Salar, Hurşit [8], traz que precisamos voltar no tempo e falar sobre os marcos da Internet, o qual possibilitou em ampla escala a rede digital pelo mundo. Acreditamos que os serviços da Internet estão em constante evolução, podendo com isso elencar os serviços Web em três momentos:

- Internet criada em 1969;
- *Protocolo de Internet (IP)* usado pela *ARPANET* na década de 1970; e
- A *World Wide Web* foi lançada em 1989 por Tim Berners-Lee para compartilhar informações.

Como resultado desses momentos, temos a Web 1.0, que foi um compartilhamento de informações unidirecionais, quando um usuário já estava acessando um site HTML sem interações maiores por falta do auxílio de tecnologias. Entretanto depois, surgiu a Web 2.0 tendo um usuário como produtor de conteúdo e consumidor do mesmo, com interações significativas em várias áreas tais como:

- Redes Sociais;
- Wikis;
- Blogs;
- *Podcast*; e
- *RSS - Really Simple Syndication*.

O *RSS - Really Simple Syndication*, permitiu que as pessoas interagissem com ferramentas digitais como o computador. Sendo assim, as aplicações dessa Web 2.0 permitiram a evolução para a Web 3.0.

A priori, existem temas que vêm surgindo para trazer inovações na educação, nos dias atuais são Web 3.0, Metaverso e organização autônoma descentralizada. Outrossim, a combinação da Web 3.0 e do Metaverso está prestes a revolucionar a maneira como as pessoas aprendem e ensinam no mundo moderno [9]. Com isso, os educadores estão modificando as maneiras de ensinar conforme o avanço das novas tecnologias, dentre elas, o Metaverso, em que professores podem vir a atribuir tarefas mais complicadas, devido à interação aprimorada que essa tecnologia traz aos estudantes [9].

O Kahraman, H. Tolga [10], traz que os sistemas educacionais baseados na Web são divididos em dois grupos importantes, o primeiro: tradicional e de aprendizagem desenvolvido por abordagens e o segundo: recentemente em uso com a chegada de sistemas inteligentes, está desenvolvendo-se com uso de tecnologias e abordagens adaptativas. Além disso, a principal diferença dos dois, além do que os próprios nomes trazem, é a construção do Modelo do Usuário para cada estudante, como também, o modelo de sistemas desenvolvidos com uso de tecnologias e abordagens adaptativas, rastreando e armazenando interações entre o estudante e sistema. Logo, os algoritmos de aprendizagem de máquina obtém informações sobre o conhecimento do usuário, estilo de aprendizagem e outros pontos pertinentes.

Dito isso, no grupo tradicional, não ocorre isso, pois nos sistemas tradicionais é permitida a fácil utilização de sistemas de gerenciamento de conteúdo LMS. Professores podem desenvolver cursos usando esse sistema de gerenciamento e monitorar os resultados dos alunos nos exames de cursos online.

Segundo Churchill, Daniel [11], desde 2009 veio explorando os recursos de aplicativos na Web 2.0 que auxiliem a educação no projeto *Pioneering Web 2.0 in Education*, mas também, foram realizados testes em uma turma de estudantes no pós-doutorado ao longo de um semestre, tendo o viés de contribuir com a aprendizagem significativa dos alunos, logo, o autor criou um ambiente parecido com um blog, a fim de ajudar os estudantes nos seguintes aspectos:

- Acessar o material do curso;
- Postar suas reflexões;
- Contribuições cruciais para o entendimento da matéria; e
- Tarefas.

Todavia, o professor percebeu que o acompanhamento e a leitura individual de cada blog dos alunos tomava muito tempo, e de fato aconteceu. A priori, sabe-se que um conteúdo de realidade aumentada poderia ajudar a sociedade nos dias atuais, nesse mundo onde contém as Inteligências Artificiais e o famoso Metaverso, bem como a Realidade Aumentada pode ajudar os docentes em diversas disciplinas, mas também, eles devem ter acesso às ferramentas para facilitar o processo de desenvolvimento dessa RA e a criação desses ambientes atrelado aos objetos 3D, imagens e sons, com o fim de contribuir a criação do ambiente proporcionando um conhecimento por parte dos alunos, segundo Barone Rodrigues, André [12].

Em princípio, temos um debate muito importante nos dias atuais a respeito da *World Wide Web*, os quais permeiam vários âmbitos em todas as áreas, promovendo assim a descentralização. De certo, a Web 2.0 permitiu um avanço significativo no mundo, onde só tinha a ideia de consultar um livro ou ler um site da empresa, por outro lado, sabe-se que essa nova Web 2.0 veio para os usuários poderem compartilhar suas opiniões, escrever em uma página que foi criada chamada Wikipedia, onde vários usuários podem editar as informações, tendo liberdade ou experiências com a plataforma para criarem seus próprios conteúdos não só os consumindo.

É importante ressaltar que desde 2008 os pesquisadores científicos já apresentavam suposições a respeito da Web 2.0, abrangendo principalmente as aplicações educacionais, porque é um aspecto fundamental no rumo educacional as pessoas terem acesso ao estudo com ambientes que proporcionem uma experiência incrível, didática, objetiva e simples, a

fim de construir ideias utilizando a metodologia da aprendizagem significativa, dividindo a teoria/prática, dando ênfase ao conhecimento do estudante, por exemplo o Moodle que pode-se publicar nos fóruns, postar vídeos e arquivos de determinadas disciplinas. Segundo Nunes, Maurício e Ferrentini, Fábio, da UFRJ [13], o conceito da Web 2.0 veio pensando no futuro, tais como ferramentas, serviços, *softwares*, redes sociais e *podcasts* para ajudar os indivíduos a acessarem, organizarem e verem objetos significativos. Esses elementos auxiliam os processos de aprendizagem na educação, com o objetivo de aprimorar o conhecimento dos alunos e aguçar sua inteligência por meio de exercícios.

Com o surgimento vindo da Web 3.0, apresentam-se aspectos bem mais descentralizados e interativos, sendo capaz de oferecer controle de informações, dados e conteúdos, permitindo ao usuário compartilhar apenas o que deseja. Além disso, esse avanço ocorreu por conta do surgimento da tecnologia *Blockchain*, um banco de dados armazenado de forma descentralizada. Segundo Martins, Daiana[14], acredita-se que a Web 3.0 rode nessa tecnologia para oferecer segurança, transparência e imutabilidade de ponta.

A Web 3.0 na educação foi pensada na base de desenvolver um ecossistema descentralizado usando Inteligência Artificial, que compreende o aprendizado de máquina e tecnologias como *Blockchain*. Além disso, estão vindo com evoluções sucessivas no presente. Essa Web ajuda os alunos a tomar decisões sobre o futuro que esses pretendem seguir, pois o conhecimento é integrado a vários fatores cognitivos para definir a vida desses estudantes, segundo Sutikno, Tole [9]. A tecnologia relacionada ao *World Wide Web* pode ajudar os estudantes interessados em um determinado tema recomendando a ele vídeos associados, por exemplo [9], mas também, é possível notar vários impactos na área da educação, avançando cada vez mais para o metaverso. Outrossim, segundo o professor Ikeda, Raul do site Insper¹, a Web 3.0 não foi projetada em sua maior parte para ser escalável ou barata. Atualmente, ela apresenta custos elevados para se tornar abrangente, havendo um custo decorrente da descentralização.

Porém, essa transição levará à Web 4.0, onde os desenvolvimentos de *software e hardware* irão ajudar significativamente nas transferências de dados, supercomputadores e permitirão a criação de ambientes virtuais como Metaverso. Outrossim, o Metaverso permitirá interações de reflexo virtual em aplicações da vida real, como imagens, textos, vídeos, jogos, realidade aumentada e virtual, trazendo um grande impacto, como é possível ver atualmente [8].

No tipo de abordagem descentralizada, os usuários não precisam estar vinculados a um determinado serviço de rede social. Eles possuem um maior controle sobre seus dados segundo Yeung, Ching man Au [15], as empresas que fornecem os serviços têm autoridade exclusiva para controlar todos os dados dos usuários. Além disso, as pessoas possuem um

¹www.insper.edu.br/noticias/a-web3

grande trabalho de adicionar todas aquelas pessoas conhecidas em diversas redes [15]. Por outro lado, o artigo acima traz referência como as informações atrelada às redes sociais hoje incomodam muita gente. Por exemplo, o Beacon do Facebook incomodou muitos, pois publicou notícias de atividades em sites externos para amigos desses usuários. No entanto, em uma rede descentralizada, isso não ocorreria.

A priori, no dado artigo é apresentado o que uma perspectiva descentralizada traz:

- Privacidade: Os usuários em redes sociais descentralizadas decidem a quem mostrar as informações e quais restrições existem nos dados;
- Propriedade: Como as informações são armazenadas em um servidor confiável ou no computador local, os usuários têm total propriedade dos dados;
- Dados: Eles não teriam seus dados perdidos repentinamente, pois o serviço do proprietário que hospeda seus dados decide desligar sem aviso prévio evitando assim possíveis ataques; e
- Disseminação: As informações são divulgadas de acordo com as preferências dos usuários e relações de amizade.

Em relação ao Metaverso, é algo bastante inovador para todos os níveis de ensino, pois por exemplo: em relação as universidades, estudantes de medicina podem aprender a administrar anestesia em uma sala de cirurgia virtual. Pensando-se em outro exemplo relacionado ao ensino médio, os estudantes podem conhecer uma determinada parte da história do Brasil por meio desses ambientes virtuais. Isso permite que estejam imersos na realidade do que aconteceu, não só ouvir o que dado professor fala, mas também usar vários sentidos desses estudantes para que a aprendizagem ocorra de forma mais completa e objetiva, promovendo a dicotomia entre teoria e prática. Essa abordagem é interessante para o conhecimento desses estudantes. Alia-se a isso, a importância de trazer as aplicações descentralizadas existentes.

2.2 Aplicações Descentralizadas em uma Web por seu Criador

A princípio, quando busca-se em relação a aplicações descentralizadas, percebe-se em comum uma relação com essas aplicações, o fato de quase todas estarem ligadas ao uso do *Blockchain* e do *POD Server*, pelo menos não foram encontrados casos em que essas não estão envolvidas. Segundo Mikroyannidis, Alexander [16], o uso da tecnologia *Blockchain* pode apoiar a transparência, responsabilidade, gerenciamento de identidade e confiança

do usuário. Diante dessa informação, vão ser apresentados alguns casos dessas aplicações por seu criador.

É indiscutível que atualmente as aplicações em uma Web, por seu criador no MIT Berners-Lee, Tim², têm sido alvo de preocupações no quesito de privacidade/proteção de dados, porque estamos em um mundo onde a tecnologia está em constante evolução, com mudanças e desenvolvimentos para ajudar a população. Uma solução proposta seria a implementação de *datastores* pessoais online chamado *Solid PODs*, para fornecer uma propriedade e de fato a descentralização de dados, com o fim de armazenar seus dados pessoais tais como: fotos, registros de saúde e informações da família.

Segundo Ghayvat, Hemant [17], uma solução seria de armazenamento em nuvem *Blockchain* para armazenar os dados gerados em vários dispositivos por tempo prolongado, tendo relatórios médicos de diversas especialidades, mas também o armazenamento de imagens, vídeos e fotos. Entretanto, é um grande desafio que os Cientistas da Computação irão enfrentar, pois é necessário cruzar os dados, informações e realizar autenticação por parte dos médicos. Dito isso, no presente artigo, eles propõem uma combinação do *Solid PODs* e *Blockchain* para alcançar o objetivo da descentralização, tendo o viés de proteção atrelado à privacidade de dados dos usuários.

A Figura 2.1 traz componentes cruciais da rede proposta por Sharif [17], apresentando confiança e imutabilidade, devido à tecnologia *Blockchain*, a qual está passando por evoluções nos dias atuais. Além disso, há pontos importantes a serem mencionados:

- Aplicações *Solid*: Demonstrando arquitetura, uma aplicação Web simples com implementações do *Solid POD* e *Blockchain*;
- Rede *Blockchain*: A rede *Blockchain* foi proposta nesta arquitetura, é uma tecnologia *Blockchain* autorizada para implementar na rede *Ethereum* para possíveis testes;
- Servidores *PODs*: Fornecendo armazenamento e processamento dos recursos, a diferença é que esse servidor os usuários têm controle total;
- Web Descentralizada: Cada pessoa é responsável pelos seus dados; e
- Recursos de dados vinculados: Pastas sob um servidor de nó sólido, com a possibilidade de vincular dados públicos e privados.

²<https://solid.github.io/specification/>

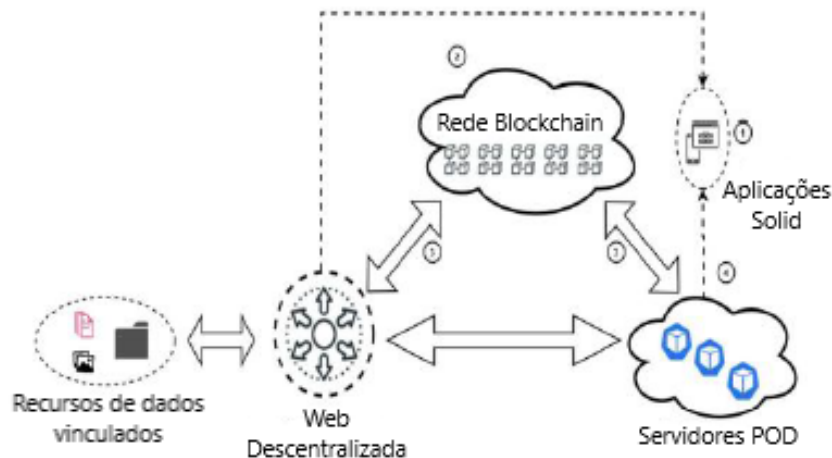


Figura 2.1: Fluxo do sistema e integração do *Solid* com a tecnologia *Blockchain* (Fonte: [17]).

A Figura 2.2 apresenta uma perspectiva do sistema para troca e armazenamento de informações relacionados à saúde, contemplando a maioria dos usuários, que são os pacientes. Diante disso, ele contempla também médicos, enfermeiros, provedores de cuidados, profissionais de saúde e farmacêuticos. O sistema inteligente proposto por *SHARIF*, segundo Ghayvat, Hemant [17], possui:

- Um controlador que armazena as diferentes listas de usuários com autenticação;
- Cada usuário possui seu próprio nó *Solid POD*, e a troca de dados ocorre através dos protocolos de comunicação especificados, utilizando o *Solid POD*;
- Os nós de usuários são utilizados para fazer o upload de arquivos relacionados à saúde; e
- Para garantir maior segurança e confiabilidade, o sistema incorpora o uso da tecnologia *Blockchain*, que oferece imutabilidade e autenticação.

Além disso, o nó *Solid POD* é responsável por escolher a criptografia adequada para o armazenamento dos dados. Todos os usuários possuem um *WebID* exclusivo para o *Solid POD*, é algo semelhante ao *CPF - Cadastro de Pessoas Físicas* e um par de chaves públicas fornecido pela *Blockchain*. Em relação à privacidade dos dados, cada usuário é responsável por criptografar suas informações e escolher a localização segura para seu *POD*. Os usuários possuem a flexibilidade de criar subdiretórios privados ou públicos para a troca de informações [17].

Portanto, a implementação do *Solid* em conjunto com a tecnologia *Blockchain* é o cerne da arquitetura proposta. Enquanto o *Solid* proporciona aos usuários a propriedade e descentralização dos dados, a tecnologia *Blockchain* garante imutabilidade, segundo a Figura 2.2:

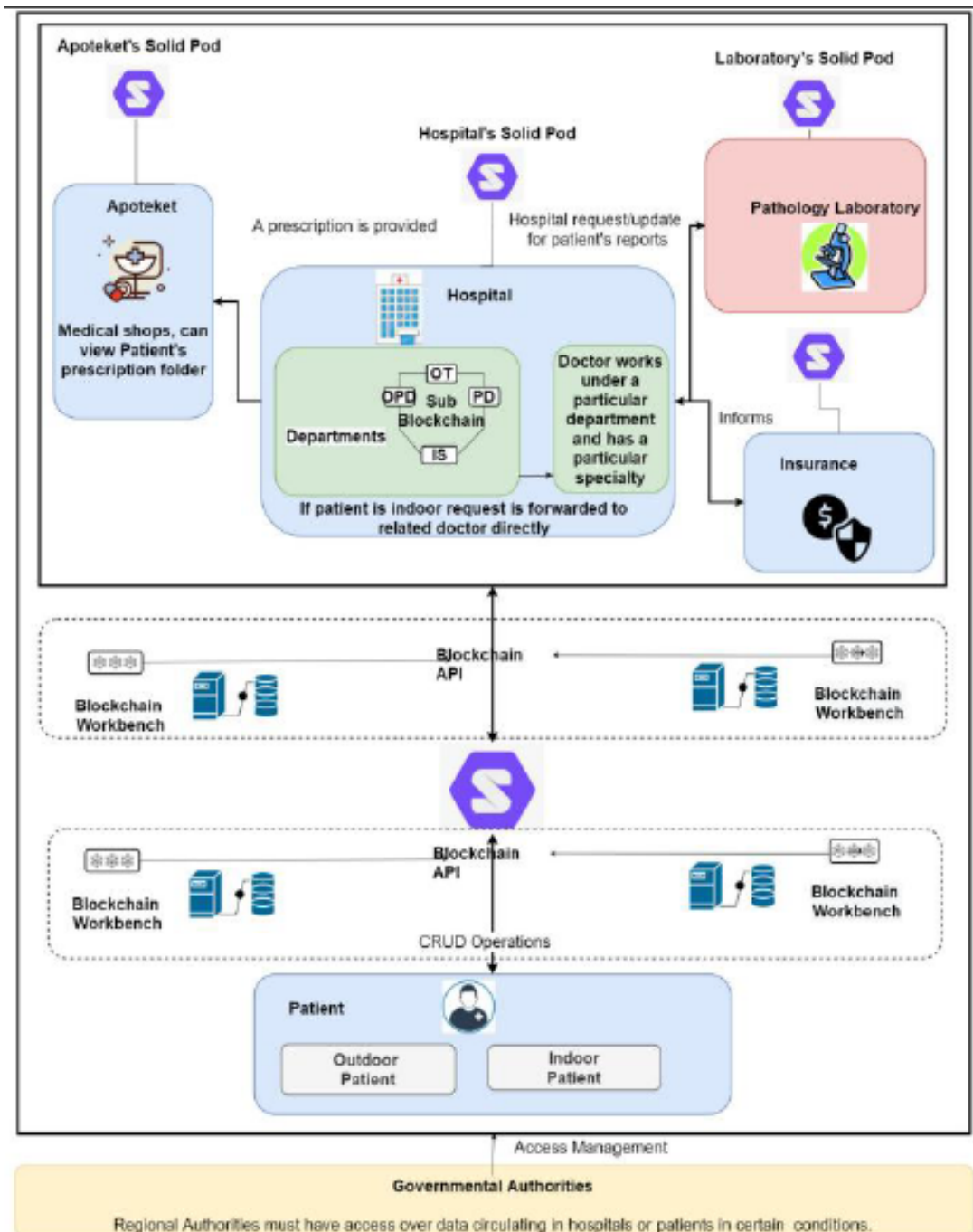


Figura 2.2: Arquitetura de sistema proposta por SHARIF (Fonte: [17]).

Outrossim, Ricklefs, Hannes [7], traz outro tipo de aplicação, nessa é apresentada

uma maneira para utilizar todo o histórico de streaming de mídia, onde um indivíduo junto com seus provedores vão informar recomendações, sem que nenhum dos serviços contribuintes precisem processar ou manter os dados permitindo que esses dados sejam mantidos em um *Solid POD*. Outro ponto importante, é que as organizações gastam muita energia coletando dados [7], o que ocorre na famosa Web Centralizada. Isso deixa os dados do usuário acoplados a um serviço de origem, sem que outros possam ter acesso como na Web Descentralizada. Na especificação do *Solid Community Group* é apresentada uma tecnologia baseada no *Solid*³ implementada pela *Inrupt*⁴, essa pode receber vários provedores de mídia e criar um perfil de serviço cruzado [7], ou seja, o usuário não precisa ficar colocando os mesmos dados em diversas redes sociais, por exemplo, se criar uma única vez, fazendo com que os dados por meio de sua autorização vá para todas as redes desse usuário.

O ecossistema de dados pensado por Ricklefs, Hannes [7], são:

- Um local para armazenar dados com segurança;
- Uma troca de dados: algo que foi explicado anteriormente, é o fato de não precisar ficar criando os dados diversas vezes, tendo uma interface unificada aos dados; e
- Um conjunto de serviços para indivíduos, grupos e entidades que usam os dados armazenados.

Esse ecossistema traz algo importante contendo um demonstrador, o qual permite o usuário entrar em seu *Solid POD* e escolher quais serviços de mídia deseja importar dados. A importação de dados do *Spotify* e da *BBC* é suportada por meio de *APIs* existentes. A leitura e gravação de dados é feita por *Javascript do Inrupt*. Não só isso, mas também recomendação de mídia, o demonstrador faz isso pesquisando na *BBC News*, música, *podcasts* e arquivos de programas para permitir que os usuários encontrem conteúdos relacionados a seus artistas favoritos, fazendo assim o cruzamento de dados entre essas aplicações [7].

“Em nenhum momento a *BBC* consegue ver os dados do *Spotify* do usuário e não recebe uma cópia dos dados da *BBC* dele, pois todo o processamento de dados é feito no aplicativo demonstrador e são armazenados no *POD*”, segundo Ricklefs, Hannes [7]. Por último, mas não menos importante, em relação a esse artigo, foi criado uma forma de armazenar o consumo de um usuário. Também é possível ter várias ações associadas à mesma coisa, se um usuário assistir a um filme em várias ocasiões, por exemplo, todos os três serviços fornecem data/hora precisas.

³<https://solid.github.io/specification/>

⁴<https://start.inrupt.com/profile>

O Amin, Ruhul [18], apresenta como *Blockchains* podem trabalhar para melhorar os sistemas, essa permite, por exemplo, transferir credenciais e outros ativos acadêmicos por meio da interoperabilidade, tendo relação à sistemas que podem receber dados por esse meio. Proporam uma solução baseada em *DApp (aplicativo descentralizado)*, o qual é usado para as interações entre a rede *Blockchain* e o usuário via interface Web onde armazena os dados da *Blockchain* utilizando um *POD*, segundo Taş, Ruhi [19]. Além disso, um exemplo interessante o autor revela: “Quando o candidato lista todos os certificados no currículo para se candidatar a um emprego, o sistema se comunica com a *Blockchain* do provedor recuperando os certificados, quando os certificados são buscados, o recrutador pode processar o sistema de contratação.” O estudo dessa implementação é desenvolvido com o *Hyperledger Fabric* e o *Ethereum*, onde *Hyperledger Fabric* é o sistema principal e o *Ethereum* é o provedor de certificados. Este sistema primário, estabelece uma conexão com a rede *Ethereum* através da interoperabilidade.

O Pandit, Harshvardhan [20], destaca as necessidades dos usuários que vão utilizar os *Solid PODs*. Eles precisam estar cientes da regulação que existe por trás dessa poderosa ferramenta de armazenar os dados dos seres humanos em "caixas", com proteções criptográficas. Isso envolve a Lei de Proteção de Dados e conceitos importantes que abordam a investigação do cumprimento dessas regras. Além disso, os *PODs* são baseados no serviço em nuvem, o que resulta em diversas funcionalidades quando se trata de investigação da GDPR. A mesma interpreta dados e conceitos de implementações realizadas nos *PODs*, juntamente com os dados dos usuários e é nessa análise que são observadas deficiências severas nas especificações, obrigações, o que torna necessário explorar determinados controles para aprimorar a experiência do usuário e, assim, mitigar possíveis ataques com uma fiscalização atenuada.

O Rajagopal, Kamakshi [21], relata que os serviços de internet hoje em dia estão cada vez mais coletando dados, inclusive os sensíveis. Um dos responsáveis, segundo o autor, são os dispositivos da Internet das Coisas, que compartilham dados de forma fácil, e os usuários possuem um controle limitado em relação a esses dados. Contudo, é apresentada uma arquitetura alternativa, chamada de *Armazenamento de Dados Pessoais - PDS*, em que os usuários são detentores de seus dados, portanto, os usuários podem controlar, coletar, armazenar e gerenciar seus dados, isso aumenta o nível de segurança determinando o que, quem e quando podem ser acessados e compartilhados [22]. O modelo *PDS*, possibilita também uma transferência de dados para vários lugares de forma fácil, isso é a descentralização dos dados e traz uma desvantagem em relação ao uso do *PDS*. Essa desvantagem, é o fato de existir um aumento de responsabilidade atribuído ao usuário para gerenciar e controlar seus dados, especialmente pessoas idosas que não têm tanta experiência com as redes.

Por último, o autor Rajagopal, Kamakshi [21], enfatiza pontos importantes sobre o ecossistema de dados, como o fato do atual ecossistema centralizado ser incompatível com o conceito de *Ambientes de Aprendizagem Pessoal - PLE*. Ademais, a integração desse conceito envolve uma transição para a arquitetura descentralizada de dados, como já mencionado várias vezes por meio da *Blockchain* e *POD Server*. Outro ponto, é o fato de novas estruturas serem necessárias para que os dados do aluno criem valor de aprendizagem e conhecimentos compartilhados entre os alunos. Portanto, ele conclui: “Uma infra-estrutura técnica descentralizada como *Solid* parece ser o ‘elo perdido’ para permitir que o conceito de Ambiente Pessoal de Aprendizagem ganhe terreno na educação regular, pois muda como os dados desses estudantes são tratados”.

Em suma, o *Solid POD* pode trazer uma autonomia crucial nos dias atuais, onde se tem discussões a respeito de privacidade dos dados, proteções e cuidados que as pessoas devem tomar contra agentes maliciosos, com o fim de prejudicar a sua imagem, integridade, autenticidade e emocional. Por isso, com o controle total do seu *POD*, em um diretório contendo dados dos relatórios médicos, como o Ghayvat, Hemant retrata [17], traz reflexões positivas atreladas aos desafios que vão surgir para o Cientista da Computação durante os próximos meses. Isso possibilita a introdução significativa de uma combinação do *Solid* e da tecnologia *Blockchain* para fornecer a descentralização das comunicações de dados na área de saúde, mas nada impede que seja implementada no quesito de envolver as outras áreas abrangendo a sociedade como um todo.

2.3 Considerações Finais do Capítulo

Por fim, foi possível notar que Berners-Lee, Tim, foi o criador das aplicações na Web, mas também teve elaborações de outras pessoas importantes nessa área, as quais criaram a *Internet*, tendo relevância no aspecto de contribuições dos dados pessoais em um sistema de prontuário eletrônico, parecido com que o autor Ghayvat, Hemant [17] propõe: implementar *datastores* para armazenar os dados pessoais em *Solid PODs*. Dito isso, esse *POD* seria uma “caixa” para guardar os dados importantes do usuário, utilizando uma combinação da tecnologia chamada *Blockchain*. Logo, traria evoluções nesse ramo com um arcabouço totalmente novo, exigindo ajustes em alguns pontos.

Do mesmo modo, com resumo dos trabalhos de apoio da pesquisa, foram destacados atributos relevantes de cada trabalho dos artigos citados, tem-se um ponto essencial que seria a Web 4.0, conduzindo o avanço da tecnologia em quesitos da Inteligência Artificial e Realidade Aumentada, levando a Metaversalidade no rumo educacional, a qual proporciona uma divisão de águas na educação tradicional que existe no século XXI onde os alunos deixariam de ir à escola, faculdade, passando dessa forma a integrar esse mundo

tecnológico. Sabe-se que antes de ser implementada precisa conhecer bem esse processo, porque na visão dos autores a evolução traz pontos positivos e negativos, então propomos um ensino híbrido dividindo o presencial e tecnológico com o auxílio do LMS Moodle através da análise de aprendizagem no próximo capítulo.

Capítulo 3

Referencial Teórico e Tecnológico

Este capítulo aborda os elementos fundamentais para a realização desta pesquisa, começando com a exploração da *Lifelong Learning* como contexto de contribuição. Em seguida, são discutidos o *Solid* na Web Descentralizada segundo Berners-Lee, atrelado aos benefícios da *Learning Analytics*, em relação a ética, privacidade junto com os riscos e desafios a superar. Além disso, são apresentados o *Framework PERLA* e seus indicadores. Por último, é destacado o uso do ambiente digital Moodle para realização de atividades, aproveitando recursos da análise de aprendizagem, em seguida, o cenário de risco das potenciais vulnerabilidades e o rumo da LA justa, ética e cuidadosa.

3.1 *Lifelong Learning*: O Contexto da Contribuição

Primeiramente, uma definição interessante do conceito de *LifeLong Learning* (*Aprendizagem ao Longo da Vida*), refere-se a um processo pessoal de aprendizagem e construção de significado, bem como, aos sistemas institucionais que apoiam a educação [23].

Outrossim, Kanuru, Srii Laasya [24], aborda que as habilidades de LLL são priorizadas pelos estudantes. Além disso, o autor expõe que a LA - *Análise de Aprendizagem*, vem oferecendo novas abordagens para apoiar a aprendizagem, no entanto, as abordagens atuais necessitam de ferramentas para entender as transições de aprendizagem ao longo da vida. Essas transições requerem uma visão dinâmica do sistema, sugerindo que as transições sejam vistas como parte da "*Lifelong Learning*". O Kanuru, Srii Laasya [24], cita que as habilidades de LLL são priorizadas pelos estudantes, analisadas de forma holística e integrada.

Ademais, Mikroyannidis, Alexander [25], diz que ter confiança na proveniência, identidade e integridade dos dados educacionais é importante, com isso a tecnologia *Blockchain* pode ajudar a garantir essa confiança. Em vista disso, o autor aborda pontos cruciais sobre a aplicação da *Blockchain* na educação, especialmente no contexto de *Lifelong Le-*

arning. Por conseguinte, explora como a *Blockchain* pode ser usada, para descentralizar o processo da aprendizagem e fornecer aos estudantes mais controle sobre seus dados educacionais.

Dessa forma, as transições pelas quais os indivíduos passam, descritas por mudanças dinâmicas em vários níveis, estão na base da reestruturação do conhecimento, essas mudanças são influenciadas pelas visões de mundo experimentadas pelos indivíduos que aprendem entre contextos novos e antigos. Essas habilidades de LLL representam “uma poderosa unidade processual de análise”, fornecendo perspectivas de mudança ao longo dos processos [23]. O que é possível notar nessa poderosa unidade processual de análise é o fato de estar sendo perdida, não apenas nos ambientes de faculdades ou universidades como a UnB, mas também ao longo do ensino fundamental e médio dos estudantes.

A Figura 3.1 apresenta o contexto da aprendizagem ao longo da vida, onde o estudante começa no ensino médio com uma “mochila” contendo pouca bagagem, ou seja, “poucas” habilidades e competências adquiridas nesse nível e vai para um maior, onde avança para um estágio mais elevado, como o ensino superior, adquirindo mais competências e habilidades. Com isso, é ilustrado na Figura 3.1 um pouco de nossa proposta: pensamos no Moodle tendo um plug-in que pudesse gerar essas informações e o estudante pudesse com isso guardar em seu *POD - Personal Online Datastore*. A finalidade desse recurso é permitir o estudante utilize essa “mochila” posteriormente, por exemplo, no mercado de trabalho. Detalharemos essa proposta mais adiante.

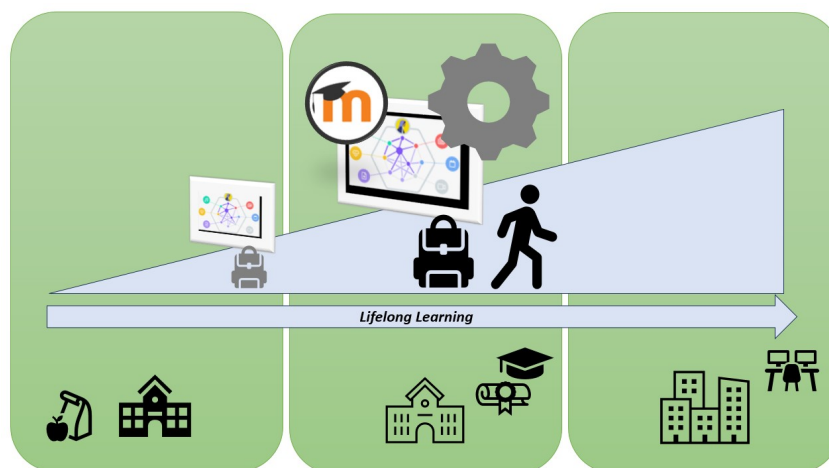


Figura 3.1: Trajeto *Lifelong Learning* do Estudante Passando pela Aprendizagem Formal.

Destarte, é possível notar que tratando-se de dados LLL em relação a uma pessoa há demasiada informações/dados brutos a serem tratados, desde dados heterogêneos a homogêneos, e nessa perspectiva surge a necessidade de alguma maneira que possibilite tratá-los

como uma possível: *'Learning Analytics'* ou em outras palavras análise de aprendizagem que é tratado na seção 3.3 descrevendo sobre LA.

A Figura 3.2¹ apresenta uma ideia parecida com à Figura 3.1. Nela é abordada a noção de registro de aprendizagem ao longo da vida, onde o estudante inicia sua fase de aprendizagem quando entra no ensino médio e, em seguida, ingressa em uma universidade ou faculdade, passando para o ensino superior.

A partir daí, surge uma parte da nossa proposta: um possível Moodle Descentralizado em que os usuários poderiam levar os seus dados ao longo da graduação em busca de uma carreira. Seria possível utilizar os dados descentralizados obtidos como certificações, cursos e competências, em uma entrevista de emprego, compartilhando os dados de seu *POD*, por meio de um sistema seguro, ou seja, o *Solid POD*, que possua segurança e verificação de credenciais. Envolvendo a ética computacional na validação dos dados, esse processo permitiria ao estudante um avanço significativo em sua carreira e, posteriormente, se poder fazer comparações com o registro de aprendizagem ao longo de sua vida.

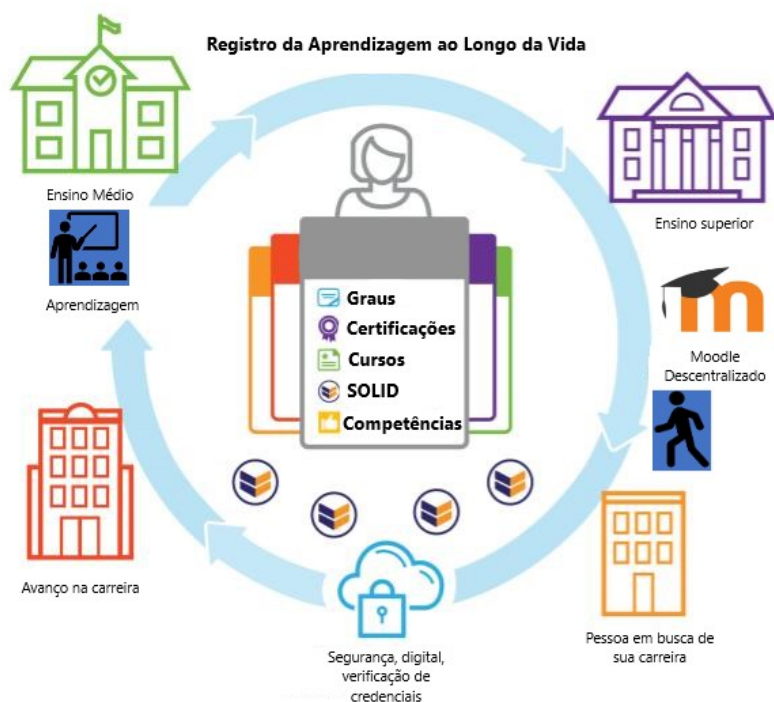


Figura 3.2: Registro da Aprendizagem ao Longo da Vida.

Nesse momento, provavelmente surge a pergunta: o que é o *Solid*? Dessa forma, se faz necessário apresentarmos a seguir o *Solid*: A Web Descentralizada segundo Berners-Lee.

¹<https://www.msglobal.org/activity/comprehensive-learner-record>

3.2 *Solid*: A Web Descentralizada Segundo Berners-Lee

Segundo Berners-Lee, Tim [26], o *Solid* é uma aplicação Web Descentralizada voltada para Web sociais. Na plataforma *Solid*, os dados dos usuários são gerenciados independentemente dos aplicativos que criam e consomem esses dados. Cada usuário armazena seus dados em um armazenamento de dados online pessoal, acessível pela Web ou *POD*. Por outro lado, nos dias atuais existe uma Web Centralizada, onde os dados dos usuários são controlados por empresas tais como: Facebook, Twitter e Instagram.

Sendo assim, para as pessoas acessarem o que querem, há um certo controle de dados, os quais possuem restrições intrínsecas. Isso ocorre porque é comum que diversos aplicativos na Web tenham sua própria maneira de armazenar, acessar e controlar seus dados [27]. Dito isso, ficamos "reféns" dessas empresas, porque os dados não podem ser movidos entre plataformas, porém o *Solid* chamado comumente de *Social Linked Data*, está sendo pesquisado pela *World Wide Web Consortium - W3C*, em estágios iniciais, com o fim de ajudar os usuários a controlarem e armazenarem seus dados dentro de um *POD*.

De certo, essa fase começa na Web Descentralizada, a qual Berners-Lee, Tim, propõe, tendo como viés a própria pessoa se conectar com seu *POD* verificando sua identidade. Isso faz parte da autenticação do *protocolo de aplicativo para o servidor*, onde também existe a possibilidade de compartilhamento de dados, portabilidade de dados e interoperabilidade entre aplicativos.

É indiscutível que a Web Descentralizada veio com viés de ajudar os seres humanos a obterem mais controle sobre seus dados, bem como escolherem quais dados desejam compartilhar com as empresas, além de compreenderem sobre seu *POD*. Como já mencionado acima, o *Solid* é necessário para manter os dados de forma descentralizada. Sem ele os dados ficariam de forma que é atualmente, centralizado. Como resultado, é importante observar a questão da privacidade e segurança dos dados pessoais, portanto, independentemente do *Solid*, é fundamental que os indivíduos e organizações sejam conscientes ao adotarem práticas, políticas adequadas, com o objetivo de proteger e gerenciar adequadamente os dados pessoais.

O Sambra, Andrei Vlad [27], apresenta a composição de um *Solid*, que é feita por: um provedor Web, o qual armazena dados online, além disso, no *POD* os aplicativos usam *protocolos de autenticação*, como meios para descobrir a identidade do usuário, dados do perfil e links relevantes que apontam para o *POD* do usuário e dados do aplicativo. Os aplicativos *Solid* não requerem autenticação como os aplicativos mais comuns. Esses podem forçar uma solicitação de autenticação "falsa" para obter o WebID do certificado do usuário, semelhante a um *CPF - Cadastro de Pessoas Físicas* [27]. A partir daí, a

autenticação é realizada entre o navegador e *POD do usuário*, onde estão os dados, dando a robustez, praticidade e privacidade, a qual nós, como usuários, precisamos para sentir segurança e confiança ao armazenar nossos dados em uma Web que fornece um aparato administrativo e que irá ajudar a sociedade na era digital.

Em síntese, a redescentralização é um ativo de pesquisa no século XXI, então deve ser tratada como um tópico importante, porque essa plataforma do *Solid* vai possibilitar que cada usuário tenha controle total sobre seu *POD*, habilitando os aplicativos sociais. Portanto, o autor Berners-Lee, Tim, demonstra o experimento do *Solid* tendo como visão a do usuário e desenvolvedor de aplicativos.

A Figura 3.3 caracteriza a plataforma *Solid*, onde um usuário armazena seus dados em um *POD* online que reside em um *servidor POD*. Além disso, o usuário controla sua identidade por meio de documentos de perfil *RDF - Resource Description Framework (Estrutura de Descrição de Recursos)*, sendo os metadados como uma semântica formal que representa informações da *World Wide Web*. Para usar o aplicativo *Solid*, o usuário carrega um aplicativo de um provedor, onde contém vários deles, e por consequência, aponta um modelo a ser seguido para Web Descentralizada e permite ao usuário comprovar que seus dados estão guardados por meio de protocolos. Por exemplo: *LDP - Label Distribution Protocol* que permite a comunicação entre roteadores e o *SPARQL - Protocol and RDF Query Language* permite o acesso ao *RDF*.

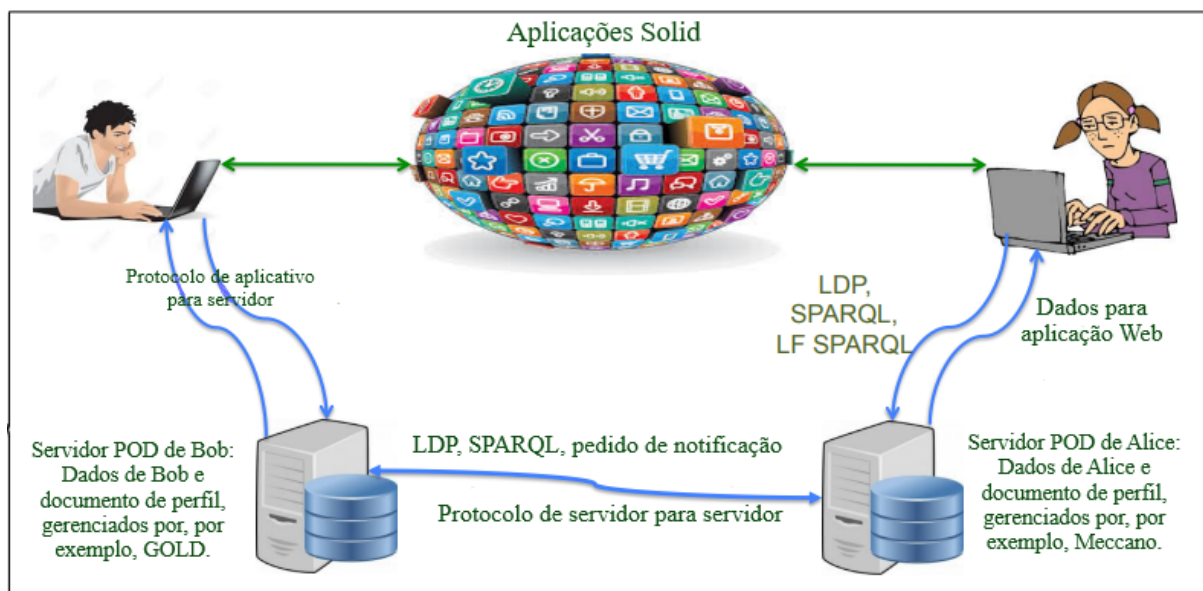


Figura 3.3: Plataforma *Solid* (Fonte: [26]).

Quando se aborda o *Solid* há algo importante, especialmente quando se fala em educação em seus diversos níveis, como ensino médio e superior: a *Learning Analytics*.

3.3 *Learning Analytics*

Primordialmente, a análise de aprendizagem é uma área significativa que pode ser aprimorada por tecnologias, oferecendo novas abordagens de apoio ao aprendizado. Essa abordagem didático-pedagógico vem sendo pesquisada nos últimos anos. Além disso, é um campo que está em rápida expansão, integrando ferramentas em ambientes de *e-learning* (*ensino eletrônico*) e desenvolvendo técnicas de mineração específicas para educação, segundo Ferguson, Rebecca [2]. Por outro lado, Yildirim, Denizer [28], menciona que ocorreu o surgimento de *Learning Analytics* - LA para fornecer informações a partir dos dados em um contexto educacional, devido aos vários níveis de granularidade dos dados coletados e também à exploração desses dados educacionais.

A partir da *Learning Analytics*, surgem os benefícios que esta traz ao ambiente educacional.

3.3.1 Que Benefícios?

Com o passar dos anos, a tecnologia vem avançando, o que tem provocado uma mudança na análise de aprendizagem e, conseqüentemente, resultando em um aumento no foco da tecnologia em relação à educação. Um ponto importante a ressaltar é que a análise de aprendizagem aprimorada não utiliza mineração de dados educacionais. Segundo a Ferguson, Rebecca, quatro fatores impulsionaram a análise de aprendizado: o primeiro é o uso de grandes dados, conhecidos como *Big Data*, e utilizando *softwares* de banco de dados para capturar, armazenar, gerenciar e analisar informações; o segundo é a aprendizagem online, na qual o aluno precisa desempenhar sua função de forma adequada, uma vez que há a ausência do professor e da convivência entre os estudantes.

Outrossim, o terceiro enfatiza uma análise de aprendizagem satisfatória, que requer métodos éticos para fornecer embasamento significativo na educação. Dito isso, o quarto é um ponto crucial, pois aponta para o fato de que a análise de aprendizagem ainda não está sendo desenvolvida para beneficiar a educação ou ser utilizada em prol dela, conforme mencionado por Ferguson, Rebecca [3]. É importante ressaltar que agir nesse quesito faria uma grande diferença na aprendizagem dos estudantes, proporcionando dados confiáveis e precisos juntamente com seus resultados e tendo a possibilidade de correção. De acordo com o Yildirim, Denizer [28], a LA tem como pontos principais o monitoramento e avaliação do desempenho dos alunos, nos seguintes pontos:

- O progresso dos alunos;
- Previsão do desempenho;
- Taxas de abandono ou retenção; e

- Fornecer *feedback* aos alunos, dentre outros pertinentes.

Com isso, surge a necessidade de traçar os limites para análise de aprendizagem, com perguntas como: qual finalidade, para quem, quais dados e como analisar a análise de aprendizagem [3].

Selwyn citado no artigo de Ferguson, Rebecca, observa que muitos elementos da educação não podem ser totalmente capturados e expressos por meio do processamento de dados. Isso pode introduzir limites artificiais como, por exemplo, separar os processos de ensino dos processos de aprendizagem significativa. Por outro lado, se essas restrições de coleta e processamento de dados não forem reconhecidas e consideradas, as recomendações da análise de aprendizagem não serão confiáveis, pois seriam baseadas em uma visão distorcida da educação atualmente.

Além disso, outro desafio ao dever de agir está relacionado à preocupação de que a análise de aprendizagem não esteja sendo desenvolvida e usada para beneficiar alunos, professores ou gestores. Em vez disso, parece estar sendo utilizada para beneficiar instituições, esse problema está associado à falta de identificação das fronteiras entre "*Learning Analytics*" - que beneficia alunos e professores com a análise acadêmica - e as estratégias que trazem benefícios para financiadores, administradores e o marketing, em nível institucional [3].

Assim, um benefício aparente seria os três grupos que utilizam a análise de aprendizagem, dentre eles estão os alunos, professores e administradores [2]. Por conseguinte, há a escolha do público alvo, onde os investigadores capturam os dados educacionais junto aos professores, que procuram descobertas inovadoras com melhores ferramentas e estratégias atrelada as didáticas fundamentais para auxiliar no desenvolvimento dos estudantes e ajudar o docente a ter um feedback, ampliando novas formas de aprendizagem.

Ademais, segundo Cardoso, Michael Miller Rodrigues [29], um importante benefício da utilização de *Learning Analytics* - LA é a previsão dos estudantes em risco de um curso ou disciplina, pois com essa informação, professores podem tomar atitudes para que esses alunos não venham a reprovar, alterando suas maneiras de lecionar e cobrar esse conhecimento de formas distintas, utilizando metodologia construtivista e estimulando a inteligência do aluno. Dessa forma, a análise prévia da aprendizagem significativa embasa a tomada de decisões, permitindo a dicotomia entre teoria e prática em um ambiente escolar ou universitário, possibilitando a troca de conhecimentos e a partilha de experiências.

A Figura 3.4 apresenta outros benefícios e melhorias da utilização de *Análise de Aprendizagem*, como aumento da motivação de estudantes, professores e otimização do tempo dos docentes, pois quanto maior a frequência mais a *Learning Analytics* influencia no

resultado. Como se pode ver na Figura 3.4, a que obteve maior frequência foi o item melhora nos resultados acadêmicos, segundo Cardoso, Michael Miller Rodrigues [29].

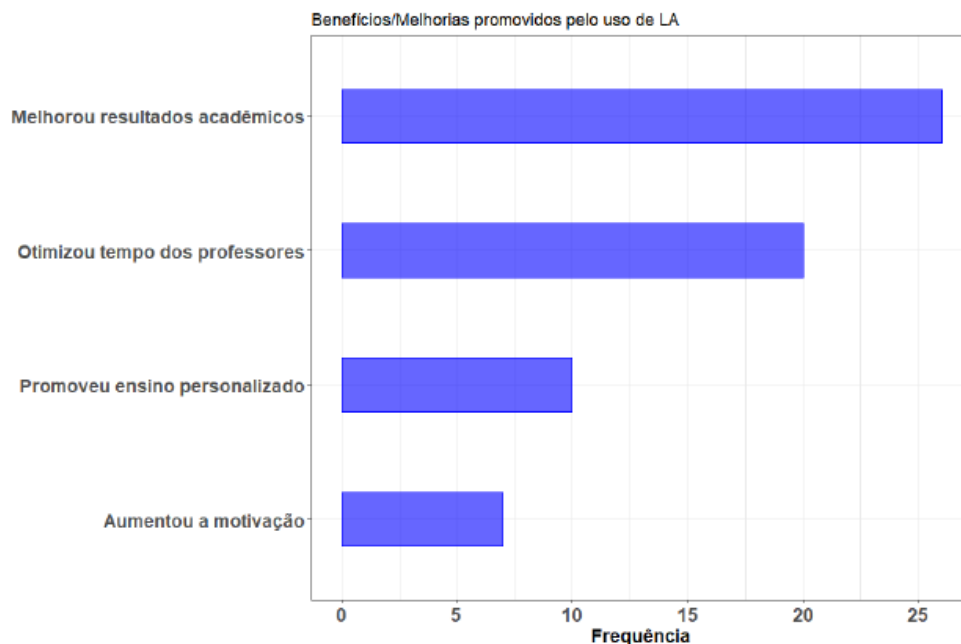


Figura 3.4: Benefícios e Melhorias promovidos pelo uso de Análise de Aprendizagem (Fonte: [29]).

É importante enfatizar que os benefícios trazidos da *Learning Analytics* nesse capítulo estão no contexto da *educação formal*, sabendo-se da existência da informal (se desenvolvem na convivência humana²). Todavia, o foco deste trabalho é na formal, especificamente o ambiente LMS Moodle, em conjunto com seus recursos para LA, que vai ser abordado posteriormente. Contudo, antes de tratar-se do Moodle, é importante trazer a questão da ética, privacidade em conjunto com seus riscos e desafios a superar.

3.3.2 AIED, Ética e Privacidade: Riscos Mapeados e Desafios a Superar

A princípio, a *Ética* é uma filosofia da moralidade, que consiste em adotar um método de análise sistemática para se obter embasamento com o fim de defender conceitos da conduta certa e errada, com credibilidade e interesse da sociedade no âmbito sociocultural.

Dessa forma, com as ferramentas cada vez mais poderosas e seu alcance aumentando, as preocupações com ética e privacidade começaram a surgir. Surgiram perguntas, segundo Ferguson, Rebecca [2], tais como:

²<https://www.ludospro.com.br/blog/aprendizagem-informal>

- Os alunos devem ser informados de que suas atividades estão sendo rastreadas;
- Quanta informação deve ser fornecida aos alunos, professores, pais e emissores de bolsas de estudo;
- Como os membros do corpo docente devem reagir; e
- Os alunos têm obrigação de procurar assistência.

Ela expõe a ética como um dos pilares fundamentais para a propriedade ou administração de dados, relacionado ao consentimento da pessoa que está compartilhando-os. Entretanto, no âmbito educacional, o sucesso do aluno está atrelado ao que ele busca com plena convicção, como exemplo: as metas que almeja alcançar e obtenção de boas notas.

Em princípio, foi identificado no artigo *Ética e privacidade na análise de aprendizagem* [5], uma série de problemas e desafios relacionados à ética, privacidade, proteção de dados, compartilhamento de dados e anonimização de dados. A Ferguson, Rebecca [5], mencionou a necessidade de diretrizes éticas como um dos quatro principais desafios para o campo da ética e privacidade. Isso implica que está relacionado com a propriedade e administração de dados, ligados ao consentimento informado. Ademais, ela elucida que, além dos aspectos práticos do consentimento e armazenamento de dados, as escolhas éticas neste campo estão relacionadas a questões muito mais amplas, como poder, vigilância e o propósito da educação.

Complementando o que foi dito anteriormente, atualmente existem regras sobre direitos autorais dos autores em relação à questão ética e privacidade na *Learning Analytics*. É crucial discorrer sobre o respeito a esses direitos, os quais muitas das vezes não são observados. Atualmente, existem regras previstas na *Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais* - LGPD [30]. Primeiramente, temos desafios a serem superados no aspecto da privacidade, devido ao comportamento e desempenho dos estudantes em geral, associados à análise de aprendizagem. Essa análise permite visualizar os pontos fortes e fracos dos estudantes, além de extrair informações sobre o comportamento deles. A análise de aprendizagem também foca bastante no investimento, com base no tempo que o aluno gastou para visualizar e ler o material da disciplina, exigindo conhecimento sobre determinado assunto.

Segundo Drachsler, Hendrik [31], a privacidade normalmente não é definida nos documentos da comunidade *LAK14*, que são as reuniões anuais do *Learning Analytics and Knowledge* convocadas por uma sociedade profissional internacional, a *Society for Learning Analytics Research* - *SoLAR*, os quais foram analisadas. No entanto, essas questões de privacidade devem ser compreendidas dentro dos termos socioculturais do próprio aluno, com o objetivo de aumentar o conhecimento e a conscientização dos limites.

A posteriori, um dos desafios é a busca do aluno pelo sucesso e as instituições ou educadores têm a responsabilidade de ajudar os alunos a alcançar esse propósito, segue-se que os dados devem ser utilizados para apoiar esse objetivo sempre que possível. Isso, por sua vez, coloca uma responsabilidade crucial nos alunos. Todos precisam estar convencidos de que a análise de aprendizagem proporciona o sucesso do estudante, e eles utilizam uma abordagem eficaz, a qual requer outras abordagens de recursos semelhantes embasadas na ética e *Inteligência Artificial na Educação - AIED*. Outro desafio é o consentimento informado e uso de dados para beneficiar os alunos.

Outrossim, há questões de riscos a vazamento de dados, por exemplo, como ocorreu no *Learning Management Systems - LMS Moodle* em 9 de outubro de 2020, “Falha do Moodle de 6 anos expôs milhões a ataque de aquisição de conta”, segundo o site Hackread³. Nessa notícia, os pontos principais que foram percorridos são: primeiramente, a vulnerabilidade afetou estudantes e professores, pois os invasores podiam alterar as notas para exames e trabalhos de casa, matricular ou cancelar a inscrição de estudantes em aulas e baixar ou excluir trabalhos de casa de outros alunos.

De acordo com o relatório de *Wizcase*⁴, as consequências e os riscos que os pesquisadores descobriram foi a chamada *aquisição de conta*. Por exemplo, se uma conta de administrador fosse comprometida, um invasor poderia acessar o nome de usuário e as senhas com *hash* de todos os usuários do servidor e alterar suas senhas, ocasionando em um dano catastrófico para o ambiente educacional Moodle.

Por fim, qualquer universidade ou escola que fizesse o uso do Moodle durante esse tempo, com o filtro TeX ativado, estava em risco. Mas também esse filtro faz-se necessário, principalmente ao compartilhar fórmulas matemáticas. Dito isso, o LMS Moodle ficou desprotegido por anos, o que trouxe riscos a educação.

Apesar disso, surge a aprendizagem ao longo da vida em conjunto com *Framework*, indicadores e LA como algo primordial para os estudantes.

3.3.3 LA para *Lifelong Learning*: *Framework PERLA* e Indicadores

Segundo Poquet, Oleksandra [23], existe uma demanda por certificações de competências, estas não são atendidas, tornando-se algo a ser enfrentado, uma vez que não há relatórios para essas certificações. Com isso, podemos pensar em atividades que os estudantes fazem no *LMS Moodle* e gerem certificações, como por exemplo, algoritmos, as quais os estudantes desenvolvem durante a matéria de algoritmos de programação. Essas

³<https://www.hackread.com/6-year-old-moodle-account-takeover-vulnerability/>

⁴<https://www.wizcase.com/blog/moodle-vulnerability-research/>

certificações são relevantes para a vida acadêmica dos alunos e podem ser consideradas como possíveis indicadores para trabalhos futuros.

Na Universidade de Brasília, por exemplo, os dados gerados pelas atividades dos estudantes são perdidos no semestre seguinte, deixando-os sem acesso a esses indicadores ao longo da vida, a menos que os estudantes tenham guardado. No entanto, se o Moodle fosse pensado de forma em que os dados são Descentralizados, por meio de um *POD*⁵, os estudantes poderiam levar consigo as informações, certificações, competências e indicadores que consideram pertinentes ao longo da vida.

O Kanuru, Srii Laasya [24], aborda uma maneira de como são feitas as evidências atualmente, no que diz respeito, por exemplo a indicadores, métricas e habilidades, essas são normalmente expressas em termos de taxas de retenção, graduação e colocação - resultados que não revelam qual a capacidade dos alunos de saber ou não e se são capazes de realizar atividades. Dessa forma, a Figura 3.5 do autor propôs a seguinte tabela de indicadores juntamente com a metrificação dessas habilidades:

| Indicadores | Métricas |
|-------------------------------------|---|
| Habilidades para resolver problemas | Projeto de fluxograma |
| Habilidades lógicas | Pseudo código |
| Habilidade de depuração | Não há erros |
| Pensamento criativo | Gráfico de análise de problemas |
| Pensamento analítico | Notas de teste de avaliação final |
| Pensamento conceitual | Notas de teste de avaliação prática |
| Auto-eficácia | Pontuação consistente |
| Gerenciamento de tempo | Tempo gasto para resolução de um problema |

Figura 3.5: Tabela de Indicadores e suas Métricas (Fonte: [24]).

Portanto, as atividades que foram mencionadas na Figura 3.5, em relação à disciplina de Algoritmos De Programação poderiam dar uma estimativa das habilidades e competências dos estudantes. Por exemplo, para obter o indicador de *habilidade de depuração*, o estudante teria que atingir a métrica de não haver erros em seu código. Além disso, essa ideia poderia ser aplicada para outras matérias ou cursos, além do curso de Computação.

⁵<https://solid.github.io/specification/>

Em relação ao *Framework PERLA*, apresentado por Chatti, Mohamed [32], que representa uma personalização com base em *insights* da análise de aprendizagem - LA, proporcionando apoio às experiências de aprendizagem significativa e objetivando metas educacionais alinhadas ao conhecimento cognitivo. Com isso, fica evidente que a tecnologia está mudando o cenário da aprendizagem no aspecto educacional, pois temos ambientes de aprendizagem nos quais tanto professores quanto alunos interagem, envolvendo atividades que expressam o conhecimento adquirido durante a disciplina por meio de atividades, fóruns e discussões.

A Figura 3.6 mostra o Ciclo da Análise de Aprendizagem, que começa pela *Learning Activities - Atividades de Aprendizado* (criadas pelos professores e passadas para os estudantes), *Data Colection - Coleta de Dados* (dados das atividades feitas pelos estudantes), *Data Storage and Processing - Armazenamento e Processamento de Dados* (a partir dos dados coletados, eles são armazenados e o processamento desses dados começa), *Analysis - Análise* (realiza uma análise com base na LA da atividade de aprendizado contendo os dados dos estudantes), *Visualization - Visualização* (da análise onde estão os dados) e *Action - Ações* (depois da análise feita, quais procedimentos serão tomados para atender aos objetivos educacionais e necessidades, posteriormente), a seguir é apresentada a Figura 3.6:



Figura 3.6: Ciclo da Análise de Aprendizagem (Fonte: [32]).

É indiscutível que a personalização no quesito da aprendizagem significativa está presente ao longo da vida, entretanto, com o avanço da tecnologia atualmente, fala-se muito em aprendizagem personalizada, a qual tem fundamentos de:

- Auto Reflexão;
- Conscientização;
- Motivação; e
- *Feedback*.

Dessa forma, tendo a estrutura do *Framework PERLA* como base teórica para o aprendizado personalizado, aprimorado por análises eficazes com foco no ser humano, essa análise de aprendizagem *HCLA - Análise de Aprendizagem Centrada no Ser Humano* com a personificação em diferentes âmbitos da educação ao longo da vida se torna relevante. Isso porque as pessoas passam por vários desafios que exigem dedicação, persistência e foco.

Segundo Chatti, Mohamed [32], a estrutura interna do *PERLA* é dívida em quatro dimensões com as seguintes perguntas: *o que* (engloba dados e o contexto do ambiente), *por quê* (quais objetivos pretende-se alcançar), *como* (quais métodos vão ser utilizados) e *quem* (quem são os interessados em relação à LA). Essas perguntas possuem como base a análise de aprendizagem e os seguintes requisitos mencionados abaixo que são importantes para pensar e produzir indicadores na aprendizagem personalizada.

Na parte do lado esquerdo da Figura 3.7, estão contidos os indicadores *feedforward*, os quais engloba a execução e abrange o planejamento, a especificação e a performance, apresentando as seguintes perguntas:

O que?

- LA em ambientes de aprendizagem aberta;
- Grande Volume de Dados LA;
- LA multimodal; e
- Modelagem de contexto.

Como?

- LA incorporado;
- Design centrado no ser humano; e
- Avaliação da LA.

Na parte do lado direito da Figura 3.7, estão contidos os indicadores *feedback*, os quais englobam a avaliação e abrange a comparação, interpretação e percepção, apresentando as seguintes perguntas:

Por quê?

- LA orientado para objetivos;
- Modelagem de aprendizagem ao longo da vida; e
- Avaliação aberta.

Quem?

- LA consciente da privacidade.

A Figura 3.7 apresenta o que foi mencionado acima:

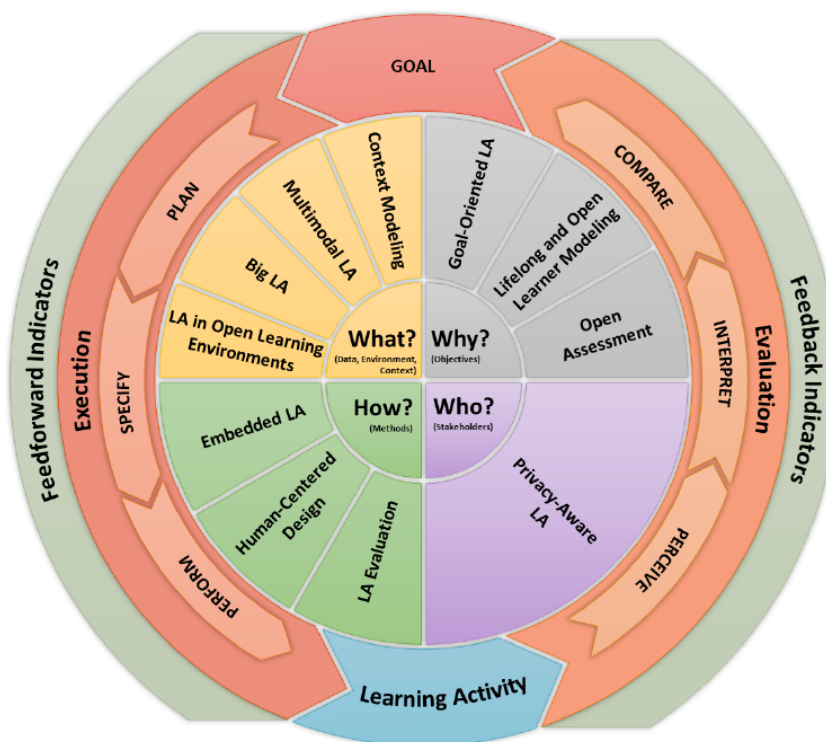


Figura 3.7: Estrutura do *PERLA* (Fonte: [32]).

Entretanto, essa aprendizagem é um processo cíclico dividido em três fases e sete estágios de *'The Design of Everyday Things Norman (2013)'*, nota-se que desde esse já se pensava em ciclos de ações para a educação humana voltado ao próprio aluno, o foco na aprendizagem personalizada, bem como a divisão de três fases, são elas:

- Metas;

- Execução; e
- Avaliação.

Além disso, a análise de aprendizagem veio para trazer uma análise desses dados educacionais, tendo um auxílio de indicadores, os quais possam permear o processo de aprendizagem dos alunos, focando no conhecimento cognitivo, a fim de responder essas perguntas. Segundo Chatti, Mohamed [32], o uso de indicadores apropriados em cada etapa melhora o processo global de aprendizagem personalizada e os indicadores são baseados pelas seguintes perguntas na Figura 3.8:

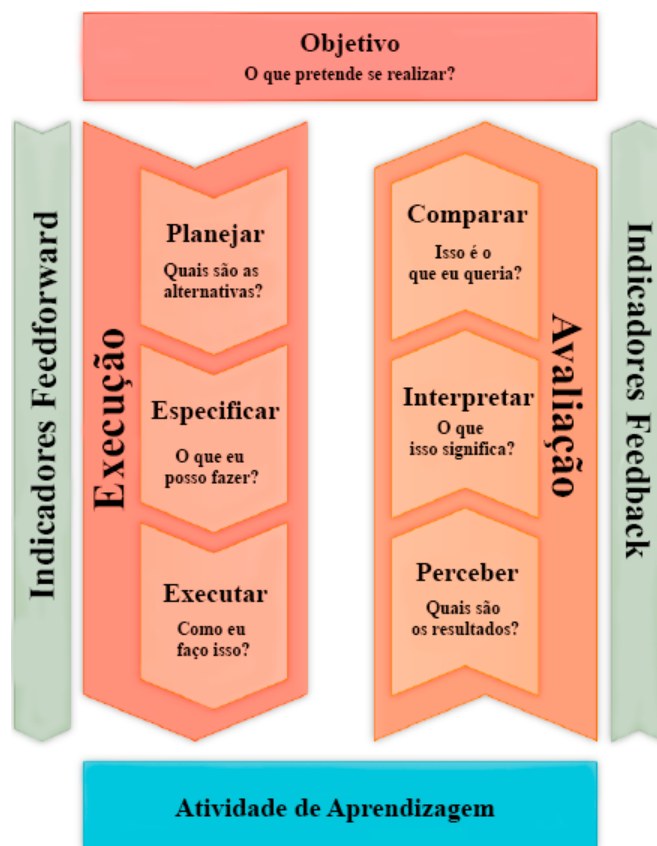


Figura 3.8: Sete etapas das atividades personalizadas (Fonte: [32]).

Explicando os pontos da Figura 3.8:

- **Objetivo:** O que pretende se realizar;
- **Planejar:** Fornecer as informações necessárias para entender como o sistema de aprendizagem impacta as atividades de aprendizagem no contexto. Deve ser usado, bem como os diferentes significados dos recursos;

- Especificar: Fornece informações para ajudar os alunos a decidir sobre o aprendizado apropriado;
- Executar: Fornece informações sobre as melhores estratégias para realizar uma tarefa em uma forma eficaz e eficiente;
- Perceber: Fornece informações para comunicar os resultados do desempenho das tarefas e o estado atual da atividade de aprendizado do estudante;
- Interpretar: Fornece informações para ajudar os alunos a entender os resultados e o impacto da atividade de aprendizagem no contexto;
- Comparar: Fornece informações sobre o progresso em direção às metas estabelecidas; e
- *Learning Activity - Atividade de Aprendizagem*: é um método criativo de autoavaliação que contribui para avaliar em que ponto você está em sua carreira e onde deseja alcançar daqui a alguns anos.

Por fim, pode se concluir com uma frase do Chatti, Mohamed [32]: "Esses indicadores serão úteis, porque atendem às necessidades reais. Este é o cerne da análise de aprendizagem centrada no ser humano". De fato, é verdade, pois os seres humanos precisam de indicadores para saber o nível em que estão, seja na área da educação, saúde ou segurança; logo, isso leva os discentes a focarem na busca, refletindo na melhora desses indicadores, com auxílio da análise de aprendizagem, focando nas respostas dos indicadores e dependendo do assunto abordado nas disciplinas.

Para que esses indicadores obtenham êxito, é necessário ter um ambiente para realização de atividades. Optamos pelo Moodle dentre vários existentes, pois é amplamente utilizado no ensino superior, conforme relatado pela *Faculdade de Ciências Médicas da Unicamp - São Paulo*⁶.

Dessa forma, na próxima seção apresentamos o Moodle como ambiente digital para realização de atividades.

3.4 Moodle como Ambiente Digital para Realização de Atividades

Primeiramente, o Moodle⁷ é um *AVA - Ambiente Virtual de Aprendizagem* e conhecido como *LMS - Learning Management System (sistema de gerenciamento de aprendizagem)*

⁶<https://www.fcm.unicamp.br/fcm/portal-do-docente/servicos/moodle>

⁷https://docs.moodle.org/all/pt_br/Sobre_o_Moodle

amplamente utilizado em instituições educacionais, em todo o mundo. Ele fornece uma plataforma online, que permite a criação, organização, entrega de cursos, conteúdos educacionais de forma interativa e colaborativa.

Como um Ambiente Digital, o Moodle oferece uma variedade de recursos e ferramentas, que permitem aos educadores criar e administrar cursos online, além de possibilitar a interação entre alunos e professores. Algumas características do Moodle como Ambiente Digital incluem:

- Gerenciamento de cursos: o Moodle permite que os instrutores criem e organizem cursos com facilidade. Eles podem estruturar o conteúdo do curso em módulos, criar atividades interativas, atribuir tarefas, disponibilizar recursos como arquivos e links, entre outros;
- Interação e colaboração: os alunos podem interagir com os instrutores e seus colegas de classe por meio de fóruns de discussão, salas de bate-papo, mensagens privadas, entre outras ferramentas de comunicação. Isso facilita a colaboração, o compartilhamento de ideias e a resolução de problemas em um ambiente virtual;
- Avaliação e feedback: o Moodle oferece recursos de avaliação, como questionários online, tarefas para envio de arquivos, atividades de participação em fóruns, entre outros. Os instrutores podem fornecer *feedback* personalizado aos alunos, avaliar seu desempenho e acompanhar seu progresso ao longo do curso;
- Acesso a recursos e materiais: o Moodle permite que os instrutores disponibilizem uma variedade de recursos educacionais, como documentos, slides, vídeos, links externos e bibliotecas digitais. Isso proporciona aos alunos acesso fácil a materiais de estudo relevantes; e
- Personalização e adaptação: o Moodle é altamente personalizável, permitindo que os instrutores personalizem a aparência do curso, organizem a estrutura do conteúdo, definam permissões de acesso e adaptem o ambiente de aprendizagem às necessidades específicas do curso e dos alunos.

O Moodle como ambiente digital oferece flexibilidade e praticidade, permitindo que a aprendizagem ocorra de forma assíncrona, possibilitando aos alunos acessarem o conteúdo e participarem das atividades em seu próprio ritmo, de qualquer lugar e a qualquer hora, desde que tenham acesso à internet.

"Algo interessante a se pensar em relação ao Moodle, é como Diniz, Juliana [33] fala em seu texto, abordando um curso prático para futuros professores de computação, com o objetivo de desenvolver suas habilidades no ensino do *Pensamento Computacional*, com

base na *BNCC - Base Nacional Comum Curricular* e nas diretrizes para o ensino de computação na educação básica. Esse curso requer um aparato condizente com as necessidades das escolas."

O curso incluiu encontros online síncronos, onde foram desenvolvidas e selecionadas atividades ou artefatos para o ensino do Pensamento Computacional; logo, os estudantes escreveram artigos propondo novos artefatos, adaptações e metodologias para o ensino do Pensamento Computacional que foram avaliados pelo professor do curso. Alguns dos artigos foram submetidos, depois aceitos em conferências virtuais, e dois estudantes foram motivados a seguir carreiras científicas e foram aceitos em programas de mestrado em universidades públicas [33].

Com a resolução dessas atividades propostas, foram desenvolvidas várias competências, em relação ao Pensamento Computacional como: resolução de problemas, criatividade, colaboração, comunicação e pensamento críticos que poderiam ser armazenadas em um *POD*.

A Diniz, Juliana [33], trata cada ponto da seguinte forma:

- Resolução de problemas: os estudantes foram desafiados a resolver problemas utilizando o Pensamento Computacional, aplicando conceitos como decomposição, reconhecimento de padrões, abstração e algoritmos;
- Criatividade: os estudantes foram incentivados a propor novos artefatos, adaptações e metodologias para o ensino do Pensamento Computacional, demonstrando criatividade e inovação;
- Colaboração: os estudantes trabalharam em equipe, discutindo e debatendo ideias, compartilhando conhecimentos, experiências e contribuindo para a construção coletiva do conhecimento;
- Comunicação: os estudantes tiveram a oportunidade de apresentar suas ideias e trabalhos, tanto oralmente quanto por escrito, desenvolvendo habilidades de comunicação e expressão; e
- Pensamento crítico: os estudantes foram desafiados a refletir sobre a adequação e possibilidades de aplicação das atividades propostas, avaliando seus pontos fortes, fracos, propondo melhorias e adaptações.

Dadas essas informações, se as atividades que os professores colocam em um Moodle abordassem esses vários pontos não só em relação à computação, mas também há outras matérias, seriam aspectos enriquecedores para os estudantes terem com eles ao longo da vida. Além disso, é importante trazer um pouco dos Recursos de LA que o Moodle oferece.

3.4.1 Recursos de *LA* no Moodle

Primeiramente, a especificação da análise de aprendizagem - *LA* no LMS Moodle começou no grupo de trabalho *Learning Analytics* durante o MoodleMoot *US* no ano de 2015⁸. Na documentação do Moodle, relata-se que a *Learning Analytics* é qualquer informação podendo ajudar um usuário LMS a melhorar os resultados de aprendizagem, através de um sistema de gestão, onde esse *software* cria e compartilha conteúdos, mas também, os usuários incluem alunos, professores, administradores e tomadores de decisão.

Ademais, a *Learning Analytics* é necessária para informar aos professores sobre os alunos, e a equipe fornece o suporte tanto aos professores quanto os próprios estudantes. Além disso, são dados como alicerces de um sistema de análise de aprendizagem os seguintes aspectos⁹:

- Preditivo: combinando dados atualmente disponíveis para mostrar o status atual e permitir a previsão do status futuro;
- Proativo: notificando os usuários quando uma ação é necessária para alterar o status; e
- Verificável: capaz de comparar as previsões com os resultados reais para medir a precisão.

Dito isso, o *descritivo* seria o aspecto do aluno realizar a descrição das atividades propostas pelo professor. Já o *preditivo*, entra como um auxílio para antecipar o que poderá ocorrer no futuro, conforme a análise de dados educacionais vistos pelo docente, por conseguinte, o *diagnóstico* entra com um viés de apontar os pontos positivos e negativos do desenvolvimento do aluno juntamente ao *prescritivo*, apresentando dados corretos e objetivos a respeito dos dados, observando possíveis melhorias no futuro.

Dessa forma, como recursos para análise, o Moodle traz vários relatórios, blocos, *APIs*, entre outros plug-ins existentes. A *API Learning Analytics* consiste em uma série de tabelas de dados atrelada a uma calculadora que usa análises de aprendizado e calcula um valor de status, com base na configuração atual, conforme solicitado, não só no sentido de que qualquer outro componente pode solicitar o valor do status atual de um usuário (aluno) em um determinado contexto, mas abrangendo outros cursos de diversas áreas do conhecimento.

Esse recurso é essencial para o Moodle na análise de aprendizagem, tendo indicadores auxiliando na base dos modelos educacionais, porém, a maioria dos modelos não é habilitada por padrão, segundo a documentação do LMS Moodle¹⁰, porque precisa considerar

⁸https://docs.moodle.org/dev/Learning_Analytics_Specification

⁹https://docs.moodle.org/33/en/Learning_analytics

¹⁰https://docs.moodle.org/33/en/Learning_analytics

os objetivos institucionais das universidades que esses modelos devem apoiar e seguir. A Figura 3.9¹¹ mostra a API com aplicações da Análise de Aprendizagem:

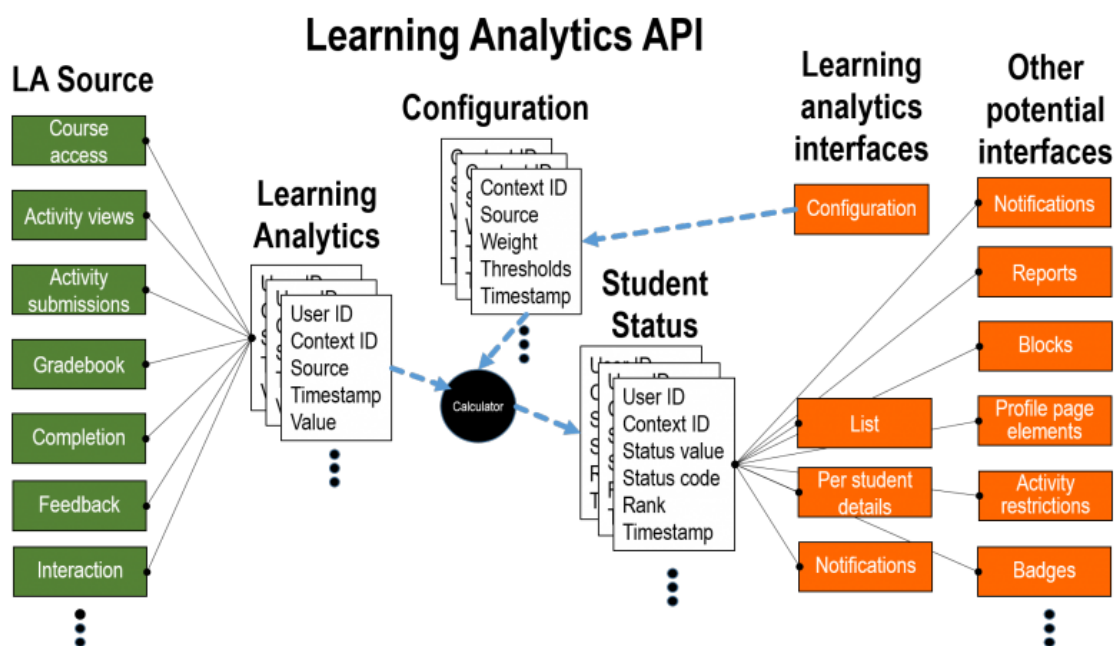


Figura 3.9: Interfaces de Programação de Aplicações da Análise de Aprendizagem.

Existem além da *API - Interface de Programação de Aplicações*, vários plug-ins, os mais utilizados são: plug-in “logs” útil para professores, administradores e tomadores de decisão, pois filtra os eventos realizados, você pode por exemplo, ver quais páginas o aluno acessou, a hora, data em que ele acessou e o endereço *IP - Protocolo de Internet* de origem e suas ações:

- Visualizar;
- Adicionar;
- Atualizar; e
- Excluir.

Outro plug-in bastante utilizado é para ver a contagem de atividades no curso, por exemplo, relatórios de atividades do curso, onde cada participante poderá acessar relatórios de suas contribuições, como postagens no fórum ou envio de tarefas, *logs* e relatórios de estatísticas. Há também outros como:

- Histórico;

¹¹https://docs.moodle.org/dev/Learning_Analytics_Specification

- Atividade;
- Barra de Progresso;
- Questionário;
- Opinião;
- Conclusão da Atividade;
- Inspirações; e
- Quiz Estatísticas.

Ademais, segundo Augusto, Marcelo [34], apresenta pontos parecidos com o supracitado. Além disso, é indiscutível que vários sistemas se integram ao Moodle, com o objetivo de fornecer informações analíticas de aprendizado externamente, como por exemplo temos o *IADlearning*, o qual oferece às instituições e educadores um rico conjunto de análises, permitindo compreender a qualidade do seu conteúdo de formação, bem como a qualidade dos processos de aprendizagem em curso. Os funcionários do Moodle acreditam que uma solução completa de análise de aprendizado nos ajudará não apenas a prever eventos, mas também a transformá-los em algo mais positivo [34].

De acordo com o que foi dito anteriormente, a análise tem fundamentos de algoritmos de *software* usados no processo de aprendizagem, a seguir retrata que o Moodle¹² fornece uma variedade infinita de relatórios baseados em dados de *logs*, os quais não são estritamente *descritivos*¹³, abordando todos os aspectos do processo de aprendizagem, de certo os plug-ins¹⁴ fornecem análises descritivas, porém depende de um julgamento de terceiros que são os seres humanos para interpretar dados, relatórios, estatísticas, gerar previsões e prescrições.

Além disso, os recursos da análise de aprendizagem, segundo a documentação do Moodle¹⁵, são:

- Modelos baseados em aprendizado de máquina, incluindo modelos preditivos;
- Modelos "*estáticos*" para detectar situações de preocupação usando regras simples;
- Notificações proativas usando eventos;
- Uma lista de ações sugeridas é fornecida com as notificações do *Insight* para cada modelo. Por exemplo, no Modelo Alunos em risco de abandono, os instrutores

¹²https://docs.moodle.org/dev/Learning_Analytics_Specification

¹³https://docs.moodle.org/33/en/Learning_analytics

¹⁴https://docs.moodle.org/33/en/Learning_analytics

¹⁵<https://docs.moodle.org/401/en/Analytics>

podem facilmente enviar mensagens aos alunos identificados pelo modelo ou pular para o relatório de atividades desse aluno para obter mais detalhes sobre a atividade do aluno no curso;

- Uma *API* para construir indicadores e modelos de previsão para plug-ins Moodle, de terceiros; e
- Tipo de plug-in de *back-end* de aprendizado de máquina - suporta PHP, Python e pode ser estendido para implementar outros *back-ends de ML*.

As principais limitações são citadas a seguir:

- Modelos de aprendizado de máquina, como alunos em risco de abandono, devem ser treinados em um site com dados. Esses modelos não podem fazer previsões em um site com dados até que isso seja feito; e
- Os modelos devem ser projetados e selecionados para corresponder às prioridades educacionais da instituição.

Com essas informações supracitadas, é notável que o LMS Moodle está propício a potenciais vulnerabilidades, algo importante para se discutir.

3.4.2 Vulnerabilidades

A priori, o Moodle é uma plataforma LMS de gestão de aprendizagem de código aberto, a qual permite ao usuário criar e personalizar seu próprio ambiente de ensino online. Caso deseje hospedar seu servidor na Web, terá de pagar.

Desse modo, além da potencial vulnerabilidade apresentada no capítulo anterior, outra potencial segundo Holmes, Wayne [6], são questões sobre propriedade de dados e controle sobre suas interpretações; logo, há muito tempo são reconhecidas como críticas em AIED, mas também é preciso melhorar os processos básicos da reflexão ética significativa para introduzir uma inovação da Inteligência Artificial na Educação, a qual possa ter princípios fundamentais da aprendizagem significativa, alternando a teoria e prática, envolvendo tanto o aluno quanto professor nesses processos cruciais para o conhecimento propriamente dito.

Outrossim, uma ferramenta crucial para ajudar os professores a saberem se os alunos estão, de fato, aprendendo o conteúdo no formato online seria um *software* que revela as ações junto à conduta do estudante sem a presença do professor, bem como a análise de qualificação do discente para futuros professores nos Ambientes Virtuais de Aprendizagem. Segundo Augusto, Marcelo [34], objetivando sempre alcançar os melhores resultados com o aluno, sabendo, de fato, o conteúdo passado no Moodle.

Como resultado, a ética dos dados educacionais e da análise de aprendizagem também tem sido o foco de muitas pesquisas atualmente, algo que é especificado por Ferguson, Rebecca [5], mas também é um campo, o qual está surgindo e continua sendo objeto de debate, que permeia os princípios cruciais, tais como:

- Consentimento informado;
- Privacidade dos Dados;
- Interpretação; e
- Gerenciamento.

De fato, Holmes, Wayne [6], explica que as claras sobreposições entre a análise de aprendizagem e Inteligência Artificial na Educação são centradas em dados educacionais, tendo como sugestão uma ética de AIED podendo ser útil em abordagens como a lista de verificação *DELICATE*, centrado nos valores e direitos dos participantes. Dito isso, uma conclusão óbvia seria uma ética que abrange os princípios legais, desenvolvendo uma Inteligência Artificial na Educação com requisitos e objetivos direcionados à área da educação. Portanto, uma potencial vulnerabilidade é a pessoa estar sendo monitorada sem nenhuma privacidade.

Todavia, necessita-se haver princípios que foquem na segurança, privacidade de dados, proteção e transparência, no sentido da pessoa com consentimento aceitar compartilhar seus dados com o LMS Moodle. Por exemplo, Aiken e Epstein, segundo artigo do autor Holmes, Wayne [6], dizem que o meta princípio positivo é que a tecnologia da Inteligência Artificial na Educação, deve aumentar o conhecimento do aluno ao longo de pelo menos uma das dimensões fundamentais do ser humano, e é verdade, levando ao aluno desenvolver o pensamento crítico atrelado a adoção massiva e rápida de tecnologia educacional o que fazem as pessoas ficarem expostas a um grande número de riscos associados à segurança cibernética.

Diante dessa informação, a cibersegurança vem como um assunto relevante atualmente, porque as pessoas sabem, ou pelo menos deveriam saber, da existência de vírus e *malwares* que roubam os dados educacionais das pessoas de forma expressiva, como o *phishing* e *ransomware*.

Por mais que tantos alunos, funcionários, professores e gestores estejam aprendendo a utilizar os ambientes remotos, a falta de responsabilidade ou tratamento dos dados¹⁶ é um dos maiores riscos de instituições educacionais, pois os alunos e funcionários remotos enviam uns aos outros documentos não criptografados, os quais contém informações pessoais, por meio de e-mails não criptografados ou aplicativos de mensagens.

¹⁶<https://moodle.com/pt-br/news/por-que-educacao-provedores-ciberseguranca/>

Finalmente, com o escândalo de dados do Facebook e da *Cambridge Analytica*, fica evidente que os dados são vulneráveis a *hackers* e manipulações, portanto, quase impossível ter privacidade pessoal e controle em grande escala. Por isso, é fundamental que o uso para o qual esses dados serão feitos seja de forma ética – e as diretrizes sejam claramente compreendidas [6]. Com o objetivo de dar aos alunos controle sobre seus dados, buscando ter também uma *Learning Analytics* justa, ética e cuidadosa.

3.5 Considerações Finais: Rumo a uma *Learning Analytics* Justa, Ética e Cuidadosa

'O fim está próximo', onde a *Learning Analytics* justa, ética e cuidadosa precisa de cuidados especiais. Dentre eles, têm-se um *POD Server* com o *Solid*, onde o aluno teria a possibilidade de escolha ao compartilhar esses dados pessoais. Entretanto, há uma barreira a ser superada: a Inteligência Artificial na Educação. Sabe-se atualmente que ela possui muitas inconsistências no aspecto de *software*, segurança de dados, privacidade e transparência, como também, existe a necessidade de um monitoramento 24 horas para saber se de fato essa AIED está ajudando no sistema educacional no LMS Moodle, dentre os aspectos que a Ferguson, Rebecca citou anteriormente. No decorrer do Capítulo 3, é possível notar que há várias barreiras a serem superadas para chegar à primeira frase mencionada neste parágrafo, mas com um estudo em cima desses casos, é possível atingir tal objetivo.

Destarte, percebemos que a análise de aprendizagem pode provocar grandes reflexões em todos os âmbitos da educação, especialmente, no que diz respeito ao racismo estrutural, o qual se manifesta em dados educacionais, e muitas das vezes estão inseridos na *Learning Analytics* de uma forma prejudicial. Por isso, é necessário uma atenção ao escopo de *ética* relacionado à análise de aprendizagem, com um viés objetivo, didático e sem nenhuma discriminação, bem como no aspecto da desigualdade. É necessário ter um conselho de *ética* para avaliar, caso aconteça algo gravíssimo, que coloque em risco a imagem do estudante.

Além disso, os resultados de um workshop ajudarão a informar os profissionais de LA sobre as tensões éticas, os quais precisam ser discutidas com cuidado, ao mesmo tempo em que destacam os locais onde é necessário mais trabalho de pesquisa. Embora a comunidade de pesquisa da análise de aprendizagem tenha interesse por parte da ética, baseada em dados, a maior parte está em termos conceituais e não práticos, segundo a autora Pargman, Teresa [35].

Por fim, buscamos estar mais conectados com essa parte prática na nossa pesquisa, envolvendo tanto o Sistema de Gestão da Aprendizagem - LMS Moodle, quanto o *Solid*

POD Server. Como é dito no artigo da referência acima, a aplicação de princípios para garantir tratamento justo e equitativo de todas as pessoas e a ética do cuidado é movida por valores e preocupações envolvendo tarefas que tornam a vida melhor na interdependência com os outros.

Diante disso, no capítulo seguinte há propostas possíveis de soluções para aplicações educacionais em uma Web Descentralizada, em conjunto com indicadores armazenados por intermédio de um *Solid POD*.

Capítulo 4

Indicadores Armazenados por Intermediário de um *POD*: Uma Visão do Mecanismo, Cálculo, Manutenção e Cenários de Uso a Posteriori

Trazendo a definição do *Solid POD*¹, é um serviço de nuvem usado para diversas funcionalidades, sendo a principal delas o armazenamento de dados. Nessa aplicação, qualquer tipo de dado pode ser armazenado em um *Solid POD*, após armazenados em um *POD*, o usuário controla quem pode acessar seus dados. A partir disso, pode surgir o questionamento sobre o que diferencia um *POD* de um Dropbox², Google Drive³ ou outro serviço de nuvem que também provê serviços de armazenamento de dados.

O grande diferencial de um *Solid POD* para os serviços de nuvem listados acima é, em primeiro lugar, o fato de o *Solid* permitir ao usuário ter uma experiência similar ao uso de uma máquina virtual, pois nele podem ser executados uma gama de *softwares Solid Compatíveis*. Além disso, o *Solid POD* modifica a estrutura geral da Web, pois o paradigma do usuário conectando-se a um *software* que agora é invertido.

A Figura 4.1⁴ apresenta o *Solid POD* em um dos provedores existentes, no caso, a *Inrupt*. Dentro dessa plataforma, Alexandre possui um *POD* do tipo *Container* e pode armazenar arquivos. No entanto, em testes realizados foi observado que nem todos os tipos de arquivos são aceitos, como por exemplo o formato mp4. Além disso, os usuários podem adicionar pessoas através do ícone de contatos. Por outro lado, o *Bookmarks* é um *POD* onde itens favoritos podem ser salvos.

¹<https://solid.mit.edu/>

²https://www.dropbox.com/pt_BR/

³<https://www.google.com/intl/pt-br/drive/about.html>

⁴<https://start.inrupt.com/profile>

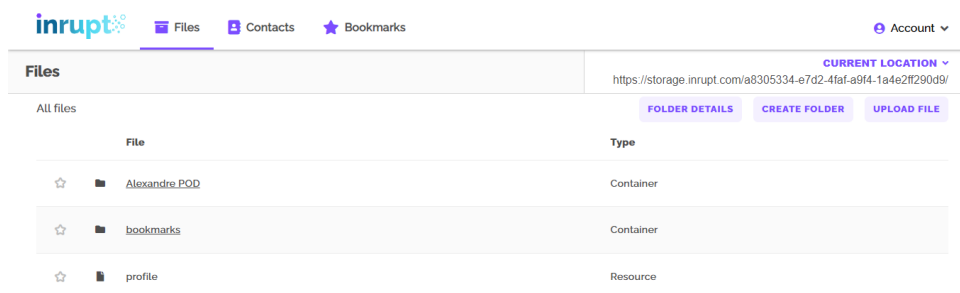


Figura 4.1: Tela do *Solid POD* da *Inrupt*.

Dessa forma, os softwares *Solid Compatíveis* solicitam permissões para fazer login em seu *POD* e armazenar dados ou outras finalidades já listadas. Outra característica interessante do *Solid POD* é a conexão com outros *POD*'s de outros usuários para a troca de mensagens, compartilhamento de documentos, vídeos, entre outros. Tratando-se da privacidade e segurança de um *POD*, o usuário que detém um *POD* determina quais aplicações podem acessá-lo, com níveis de segurança e privacidade de dados oferecidos pelo projeto *Solid* do *MIT*.

Com essas informações do *Solid*, surge a necessidade de mecanismo para atualização de competências e habilidades no *POD*. Além disso, é necessário o uso de *Learning Analytics* para calcular indicadores sobre registros de realização de atividades, manutenção desses indicadores por *owner - proprietário* do *POD*. Também é importante explorar cenários de utilização a posteriori por aplicações *Solid Compatíveis* e por último, é fundamental fazer uma comparação entre Moodle Centralizado x Moodle Descentralizado.

4.1 Mecanismo para Atualização de Competências e Habilidades no *POD*

A princípio, os mecanismos para atualização de competências e habilidades no *POD*, permitem transformar dados em informações úteis e mensuráveis. Eles desempenham um papel crucial na análise de dados e tomada de decisões, informadas em diferentes contextos.

Dessa forma, propomos um mecanismo utilizando o Moodle SandBox⁵, para que um possível desenvolvedor tenha um guia mínimo com o objetivo de criar o plug-in. Além

⁵<https://sandbox401.moodledemo.net/>

disso, foi utilizado o exemplo 1010 do *URI*⁶, com objetivo de fornecer um exemplo real para melhorar o entendimento. Não apenas isso, mas também escolhemos na tabela um indicador chamado 'habilidade de depuração', apresentado no Capítulo 3, na Figura 3.5. Dito isso, apresentamos dois autores em conjunto com seu *Modelo de Caso de Uso*, primeiramente tratamos do professor, seguido pelo estudante.

A Figura 4.2 descreve o caso do professor elaborando uma atividade na matéria de *algoritmos e programas de computadores* em um possível Moodle Descentralizado, chamada *habilidade de depuração*, com o objetivo de obter a resposta do estudante para verificar a atividade realizada, atestar sua competência e, posteriormente, atribuir uma nota ao estudante. O objetivo é permitir que o estudante saiba quais indicadores alcançou e possa decidir se os insere ou não em seu *POD*. A Figura 4.2 apresenta o caso de uso do professor:

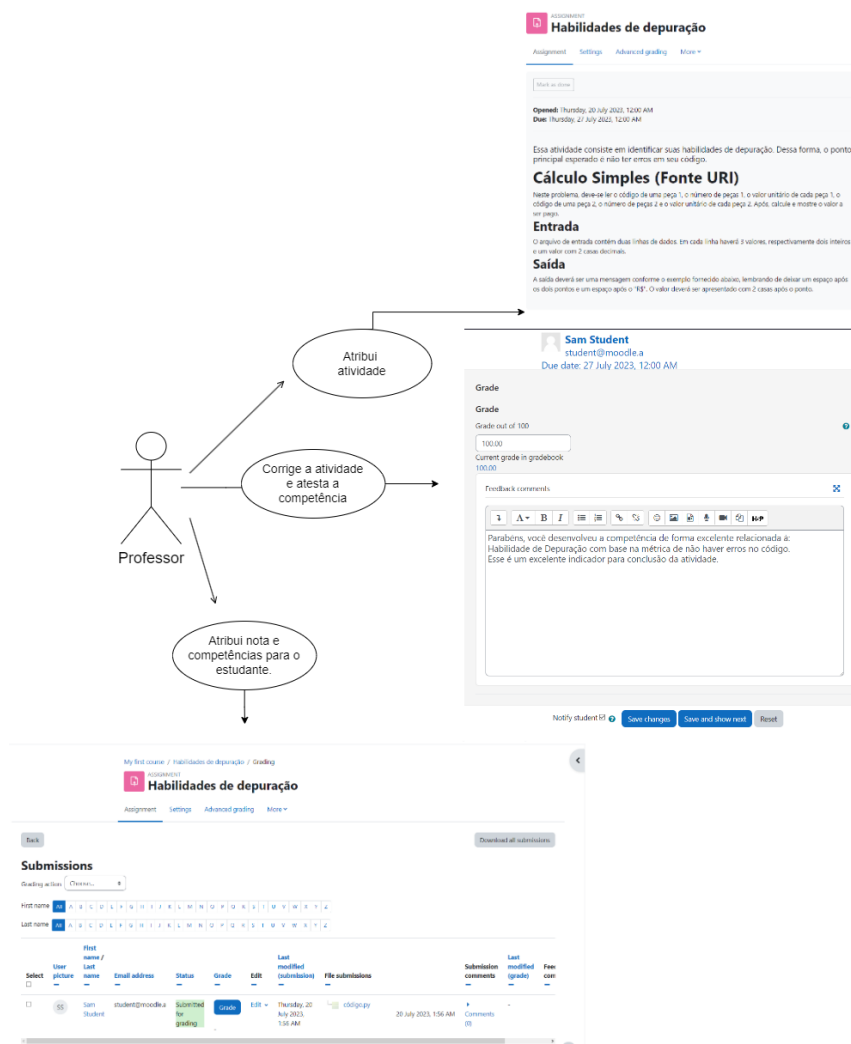


Figura 4.2: Caso de Uso do Professor.

⁶<http://muitomaiscodigoss.blogspot.com/2017/05/uri-problema-1010-calculo-simples.html>

Com a visão do professor proposta, surge também a do estudante. Sobretudo, o estudante realiza a atividade disponibilizada pelo professor, chamada *habilidade de depuração*, envia para ser realizada a correção e aguarda a atribuição de competências e habilidades. Posteriormente, após receber essas competências e habilidades adquiridas durante a atividade, decide se atualiza ou não essas competências e habilidades em seu *POD* ("mochila"), algo que pode ser utilizado futuramente, para um possível mercado de trabalho, por exemplo. A Figura 4.3 mostra o modelo de caso de uso do estudante:

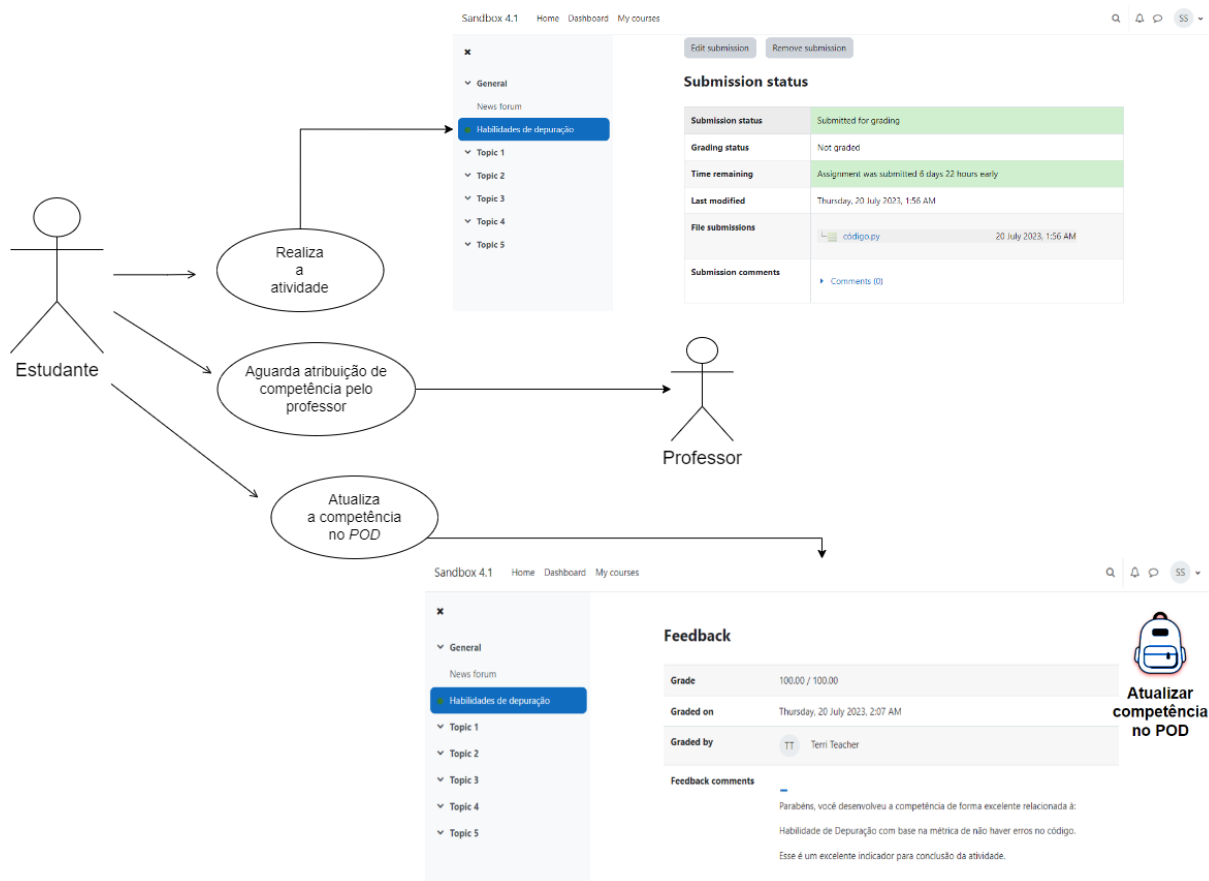


Figura 4.3: Caso de Uso do Estudante.

Dessa forma, demonstramos nesse capítulo o funcionamento do *Moodle Sandbox*⁷ na visão do professor e estudante, com o objetivo de proporcionar a um possível desenvolvedor o entendimento dos conceitos básicos sobre como um professor e um estudante visualizam desde a criação de uma atividade até a sua realização.

Ademais, apresentamos a ideia de ter uma "mochila" na tela, permitindo que, em um possível Moodle Descentralizado, o estudante possa atualizar suas competências e habilidades adquiridas durante uma atividade, algo que não existe atualmente em um

⁷<https://sandbox401.moodledemo.net/>

Moodle Centralizado. Com isso, surge a necessidade do uso de *Learning Analytics* para calcular indicadores sobre registros de realização de atividades.

4.1.1 *Learning Analytics* para Calcular Indicadores Sobre Registros de Realização de Atividades

Como dito em capítulos anteriores, a *Learning Analytics* é de fundamental importância e pode ser utilizada para cálculo dos indicadores. Dessa forma, propomos uma maneira para o cálculo, que consiste no acesso do professor ao acessar o LMS Moodle definindo os indicadores por meio de Plug-in. Esse Plug-in obtém os dados da disciplina no Moodle e utiliza algoritmos específicos para realizar os cálculos, métricas e estatísticas em relação à aprendizagem dos alunos. Depois, é necessário realizar um estudo aprofundado sobre esses algoritmos.

Assim, essa abordagem permitirá a visualização do professor/administrador verificar, por meio de um *software*. Um exemplo poderia ser o *Microsoft Power BI*, realizando uma análise aprofundada com a visualização dos *dashboards*, tendo análise de risco com possíveis melhorias do desempenho dos estudantes. Após essa análise, o aluno recebe o feedback e pode visualizar as atribuições que o professor deu, decidindo se armazena ou não as atividades feitas ao longo de sua vida em seu *POD*. A Figura 4.4 mostra esse esquema mencionado acima:

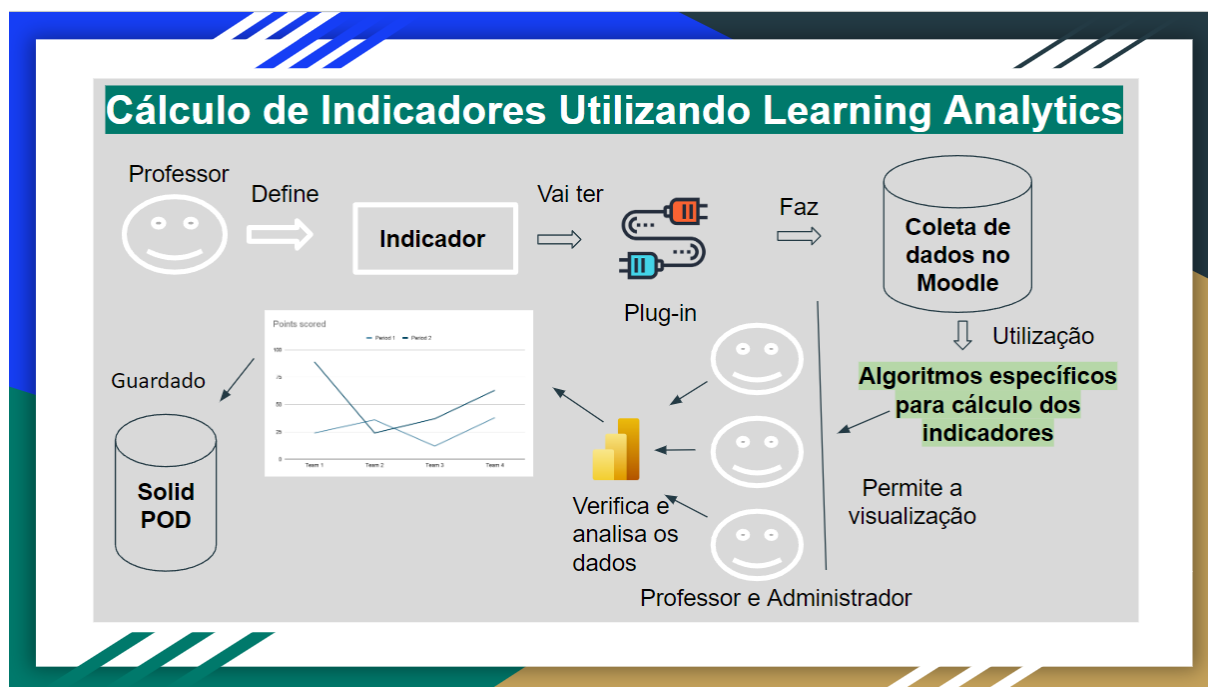


Figura 4.4: Cálculo de Indicadores Utilizando Análise de Aprendizagem.

Além de calcular esses indicadores, há algo que é de fundamental importância: a permissão dos *owners* para coleta de seus dados. Pensamos na possibilidade de isso ocorrer somente se esses proprietários permitirem compartilhar seus dados. Junto com isso, vem a manutenção desses indicadores por meio do *CRUD*.

4.1.2 Manutenção de Indicadores no *POD* por *Owner* (*CRUD*)

Sobretudo, a manutenção de indicadores no *POD* por *owner* (*proprietário*) começa pelo seu *Solid POD*, podendo um usuário criar indicadores, ler essas informações, atualizar e deletá-las. Com isso, segue a descrição do *CRUD*:

- A criação de indicadores (*CREATE*): permite que seu proprietário crie novos indicadores no *POD*, tais como metas e período de medição relacionados ao desempenho em que ocorreu durante a graduação;
- A leitura (*READ*): vai mostrar uma lista de indicadores, exibindo informações básicas, como o nome do indicador, a disciplina, status atual e data de criação por cada indicador no *POD*;
- A atualização (*UPDATE*): traz a possibilidade da atualização dos indicadores pelo usuário, como exemplo temos atualização de desempenho na faculdade, semelhante ao IRA existente em universidades como a UnB; e
- A exclusão (*DELETE*): permite que o usuário exclua indicadores que não são mais necessários, exibindo uma confirmação se realmente deseja excluir para evitar acidentes.

Por outro lado, o usuário será capaz de escolher quais ações tomar em seu *Solid POD*, ou seja, a chamada manutenção de indicadores em seu *POD*. Por exemplo, ele poderá criar os indicadores que adquiriu ao longo da vida, gerando o histórico de desempenho, esses indicadores poderão ser utilizados posteriormente, em uma entrevista de emprego ou compartilhados com uma empresa, demonstrando suas habilidades e competências através do compartilhamento de seus dados no *POD*.

A Figura 4.5 mostra o esquema do *CRUD*:

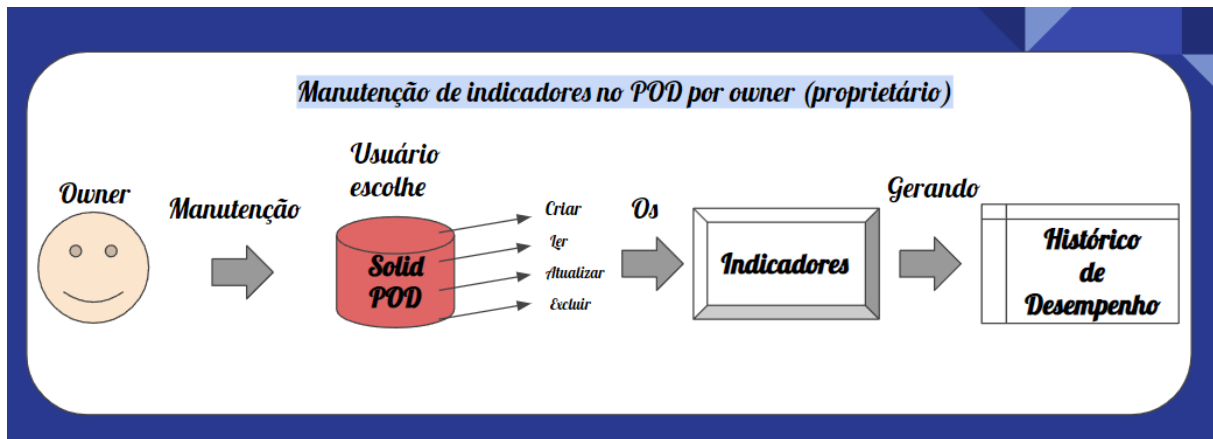


Figura 4.5: Manutenção de Indicadores no *POD* por *Owner*.

Além disso, é importante trazer os cenários de utilização de *Solid Compatíveis*.

4.1.3 Cenários de Utilização a Posteriori por Aplicações *Solid Compatíveis*

O CLR⁸, conhecido como *Comprehensive Learner Record Standard* (*registro abrangente do aprendiz*), aborda questões relacionadas a uma estrutura com registros e campos verificáveis/definidos, obtendo como base o ciclo de aprendizagem do aluno ao longo da vida, desde o Ensino Médio até a graduação, podendo incluir cursos, certificados de proficiência ou marcos positivos obtidos ao longo de sua jornada.

Dito isso, os indicadores poderiam auxiliar na trilha de competências e habilidades que o indivíduo adquiriu ao longo das disciplinas na graduação, o que ajudaria os professores de forma eficaz a aprimorar cada vez mais suas abordagens pedagógicas nas disciplinas.

O Poquet, Oleksandra [23], sustentou que os estudos sobre as transições entre universidade e mercado de trabalho estão focados em credenciais, competências existentes e esperadas, algo que está em falta atualmente. Com isso, uma possível solução para esse problema seria um *Moodle Descentralizado*, no qual as pessoas pudessem armazenar dados importantes para a vida, isso se tornaria crucial, tendo como objetivo fornecer e desenvolver as competências necessárias para um possível *Moodle Solid Compatível* contendo a descentralização dos dados, não apenas no mercado de trabalho, mas também em outras áreas da vida, tais como:

- Um possível meio para melhor avaliar currículo de pessoas;
- Possíveis pesquisas relacionadas à evolução ao longo da vida;

⁸<https://www.imslobal.org/activity/comprehensive-learner-record>

- Evolução da educação utilizando métodos eficazes ou inovadores; e
- Uso a posteriori para empresas ou instituições que desejam oferecer cursos.

Em relação ao primeiro, o *Solid*, com seus indicadores, poderia mostrar as habilidades desses estudantes ao longo da vida, seria algo parecido com um *Linked In*⁹. Mas ao contrário dele, no *Solid* se poderia notar o real desempenho do estudante ao longo da vida e não só uma mera informação de habilidades, como ocorre atualmente. Um exemplo adaptado da realidade poderia ser o seguinte¹⁰:

Joãozinho deseja se candidatar a uma vaga de emprego na empresa de desenvolvimento chamada Victor Gonçalves TI. Uma das exigências do trabalho é ter conhecimento de algoritmos e a conclusão bem-sucedida da aula de abstração de problemas. Para atender a essa exigência, Joãozinho ao acessar seu *POD*, cria uma Apresentação Verificável *CLR - Comprehensive Learner Record Standard (registro abrangente do aprendiz)* para extrair a veracidade do registro e dos cursos, e transcreve para o seu *POD*. Esse registro contém informações verificáveis sobre os cursos realizados. Amanda, da área de Recursos Humanos da empresa Victor Gonçalves TI, utiliza o validador para verificar integridade e autenticidade do arquivo, garantindo que ele não foi corrompido ou modificado. O CLR contém os seguintes indicadores atrelado ao *POD* para informar Amanda:

- Pensamento criativo;
- Habilidade para resolver problemas;
- Pensamento conceitual;
- Se a autoridade por trás do diploma é uma instituição reconhecida pelo MEC;
- Confirmação de que o candidato é o autor do currículo; e
- Verificação do registro do aluno na instituição.

Com base nessa ideia, pensou-se em realizar uma atividade "*x*" no Moodle ou em qualquer outra plataforma de aprendizagem. O aluno receberia a informação sobre os indicadores obtidos e teria a opção de inserir essas informações juntamente com as atividades no *POD*, simbolizada por um botão com o ícone de uma "*mochila*" na visão do estudante, conforme a Figura 4.8. O estudante, ao clicar, poderia inserir essas informações junto com a atividade realizada, permitindo que ele carregue esses dados consigo ao longo da vida.

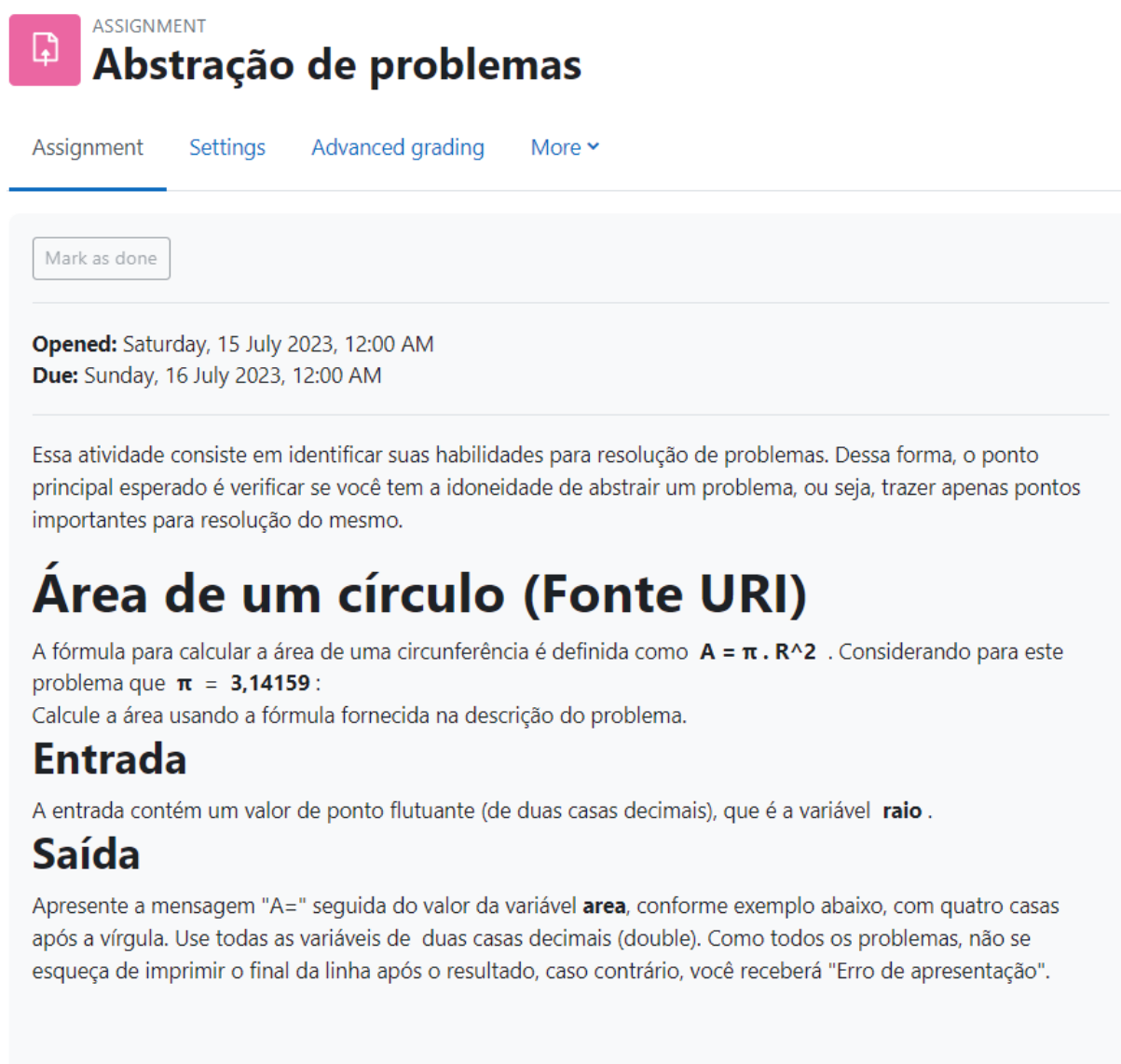
Nesse contexto, o professor cria uma atividade relacionada à abstração de problemas, com o objetivo de identificar as habilidades para resolução de problemas dos estudantes.

⁹<https://br.linkedin.com>

¹⁰<https://www.msglobal.org/spec/clar/v2p0>

A questão criada por ele visa verificar se os estudantes estão compreendendo os pontos principais e resolvendo o problema proposto.

O exemplo consiste no problema 1002 do *URI*¹¹, o qual implementamos na visão do professor no Moodle Sandbox¹², adaptando-o para a nossa atividade. Essa atividade tem como um dos objetivos o uso das habilidades e competências adquiridas pelo estudante durante a resolução do problema, permitindo que ele armazene esses dados em seu *POD* em conjunto com a atividade realizada, de forma a torná-los disponíveis para uso a posteriori. A Figura 4.6 mostra a visão do professor ao criar a atividade:



The screenshot shows a Moodle assignment page. At the top left, there is a pink icon with a document and an arrow, followed by the word 'ASSIGNMENT' in small blue letters. The main title is 'Abstração de problemas' in large, bold black font. Below the title, there are navigation links: 'Assignment', 'Settings', 'Advanced grading', and 'More' with a dropdown arrow. A 'Mark as done' button is visible in the top left of the content area. The content area has a light blue background and contains the following text:

Opened: Saturday, 15 July 2023, 12:00 AM
Due: Sunday, 16 July 2023, 12:00 AM

Essa atividade consiste em identificar suas habilidades para resolução de problemas. Dessa forma, o ponto principal esperado é verificar se você tem a idoneidade de abstrair um problema, ou seja, trazer apenas pontos importantes para resolução do mesmo.

Área de um círculo (Fonte URI)

A fórmula para calcular a área de uma circunferência é definida como $A = \pi \cdot R^2$. Considerando para este problema que $\pi = 3,14159$:

Calcule a área usando a fórmula fornecida na descrição do problema.

Entrada

A entrada contém um valor de ponto flutuante (de duas casas decimais), que é a variável **raio**.

Saída

Apresente a mensagem "A=" seguida do valor da variável **area**, conforme exemplo abaixo, com quatro casas após a vírgula. Use todas as variáveis de duas casas decimais (double). Como todos os problemas, não se esqueça de imprimir o final da linha após o resultado, caso contrário, você receberá "Erro de apresentação".

Figura 4.6: Exemplo de atividade criada pelo professor.

¹¹<http://muitomaiscodigoss.blogspot.com/2017/05/uri-problema-1002-area-do-circulo.html>

¹²<https://sandbox401.moodledemo.net/>

Como mencionado acima, a Figura 4.6 é uma atividade voltada para abstração de problemas. Exemplificada abaixo, a Figura 4.7 demonstra uma visão da atividade recebida pelo professor, onde o aluno submeteu antes do prazo de conclusão a atividade para a devida correção do professor, com o objetivo de avaliar se adquiriu os indicadores e competências esperados na atividade.

The screenshot shows the Moodle interface for an assignment titled "Abstração de problemas". The page is viewed from the teacher's perspective. The breadcrumb trail is "My first course / Abstração de problemas / Grading". The assignment is marked as "ASSIGNMENT". The page includes a "Back" button and a "Download all submissions" button. Below these is a "Submissions" section with a "Grading action" dropdown set to "Choose...". There are filters for "First name" and "Last name", both set to "All" with alphabetical dropdown menus. A table of submissions is displayed with the following columns: Select, User picture, First name / Last name, Email address, Status, Grade, Edit, Last modified (submission), File submissions, Submission comments, and Last modified (grade). One submission is visible for user "SS" (Sam Student) with email "student@moodle.a", status "Submitted for grading", grade "100.00 / 100.00", and last modified "Saturday, 15 July 2023, 9:52 PM". The file "Screenshot_3.png" is attached, and the submission was made on "15 July 2023, 9:52 PM". There are no comments.

Figura 4.7: Visão da atividade recebida pelo professor.

A Figura 4.8, apresenta a visão do estudante que ao clicar no ícone da "mochila" decide se vai inserir ou não as informações de habilidades e competências adquiridas durante a atividade passada pelo professor, conforme a Figura 4.6, em seu *POD*:

The screenshot shows the Moodle feedback page for the same assignment. The breadcrumb trail is "Sandbox 4.1 Home Dashboard My courses". The page title is "Feedback". The feedback details are: Grade "100.00 / 100.00", Graded on "Saturday, 15 July 2023, 9:54 PM", and Graded by "TT Terri Teacher". The feedback comments section contains the following text: "Parabéns, você desenvolveu as competências de forma excelente relacionada à: Resolução de problemas; Abstração de problemas; Que são excelentes indicadores para conclusão da atividade." On the right side, there is a backpack icon and the text "Inserir no POD". A help icon (?) is visible at the bottom right.

Figura 4.8: Visão do estudante para inserir informação no *POD*.

Para o segundo ao quarto ponto apresentados anteriormente, relacionados a outras áreas da vida em que a descentralização dos dados pode ser utilizada, temos:

- Segundo: possíveis pesquisas relacionadas à evolução ao longo da vida;
- Terceiro: educação utilizando métodos eficazes ou inovadores; e
- Quarto: uso a posteriori para empresas ou instituições que desejam oferecer cursos.

Diante disso, os indicadores de aprendizagem são um meio importante para notar a evolução ao longo da vida. Além disso, o estudante pode aproveitar esses dados em uma entrevista de emprego, por exemplo, mostrando seu portfólio e habilidades, juntamente com suas competências, utilizando indicadores permeados pela análise de aprendizagem, e isso também pode mostrar habilidades que ele ainda não tenha desenvolvido com clareza.

Para o último ponto, empresas ou instituições, de acordo com as informações compartilhadas pelo usuário do seu *POD*, podem procurar pessoas interessadas em ampliar uma habilidade específica ou que necessitem desenvolver habilidades que ainda não estejam relacionadas à programação, por exemplo.

Com essa informação do *Moodle Solid Compatível*, algo importante surge, a comparação desse Moodle Descentralizado com o Moodle atual, ou melhor dizendo, Moodle Centralizado.

4.2 Comparando Moodle Centralizado x Moodle Descentralizado

Atualmente, o *Moodle Centralizado* contém dados dos seus usuários que ficam armazenados no servidor, ao qual eles não tem acesso. Em suma, não se tem controle algum nesse aspecto crucial, além de não ser possível reutilizar esses dados por diversas plataformas. Ademais, como os estudantes não possuem controle sobre eles, podem muitas vezes serem perdidos, pois os alunos não possuem os dados com eles, dado que essas informações estão armazenadas no servidor, sendo perdidas ao avançar das disciplinas, caso o estudante não tenha armazenado os dados consigo em algum meio eletrônico durante a graduação.

Temos uma proposta de um *Moodle Descentralizado*, onde os dados de seus usuários são controlados por eles. Logo, decidem o que compartilhar na área de cadastro, ou seja, tem-se mais controle dos dados no quesito de segurança, caso aconteça algum vazamento, posteriormente. Outrossim, é possível utilizar multiplataformas que sejam *LTI* compatíveis - *Learning Tools Interoperability (Interoperabilidade de Ferramentas de Aprendizagem)*, pois os dados não estão centralizados em um lugar específico, e a pos-

sibilidade de perda dos dados é bastante reduzida. No entanto, o controle está sobre si mesmo e não sobre uma rede de internet. A Figura 4.9 aborda algumas diferenças:

| Moodle Centralizado | Moodle Descentralizado |
|---|-----------------------------------|
| Dados guardados no servidor | Dados controlados por seu usuário |
| Não há possibilidade de reutilização dos dados | Utiliza multiplataformas |
| Uso de informações controladas por administradores ou professores | Controle sobre seu Proprietário |

Figura 4.9: Comparação do Moodle Centralizado x Moodle Descentralizado.

Isso nos leva a pensar sobre esses possíveis avanços para uma rede descentralizada, com o objetivo de alcançar a educação.

4.3 Considerações Finais

Neste capítulo, foi apresentada a proposta de uma possível descentralização no LMS Moodle, permitindo que os estudantes possam levar os dados consigo ao longo da vida. Para isso, propusemos um mecanismo para atualização de competências e habilidades, *Learning Analytics* para calcular indicadores sobre registros de realização de atividades, a manutenção por parte do proprietário dos dados, cenários de utilização a posteriori por aplicações *Solid Compatíveis* e, por último, fizemos uma análise entre o Moodle Centralizado e um possível Descentralizado.

A partir da pesquisa de trabalhos relacionados, foi possível evidenciar a importância da Web Descentralizada atualmente. Existem discussões relevantes sobre como a ética computacional pode auxiliar no acesso a informações de dados no *POD*, e isso é bem elucidado por Ferguson, Rebecca. Acredita-se que a implementação de um Moodle Descentralizado irá gerar benefícios significativos para a comunidade acadêmica.

Portanto, o avanço na educação é iminente, e requer empenho em pesquisas, a fim de obter um futuro promissor, pois tudo começa pela educação para transformar o todo. Dessa forma, aplicações Web Descentralizadas vêm surgindo como algo que deve ser realidade no nosso futuro, junto com a aprendizagem ao longo da vida, seus indicadores, possíveis frameworks e mecanismos para atualização de competências e habilidades no *POD*.

Em suma, chegar à Web Descentralizada não é um caminho fácil; há muitas barreiras a serem superadas, mas é algo necessário que deve ser adotado, pois os dados pertencem ao usuário nessa nova era digital. Além disso, é importante enfatizar que existem alguns trabalhos em construção de nossos colegas em relação ao *Solid POD*. São eles: 'Uma Investigação Sobre o Projeto *Solid*: da Prospecção para Ecosistema Educacional ao Desenvolvimento de Aplicações como Prova de Conceito' [36] e 'Implantação de um *POD Server* para ecossistema educacional e sua introdução na educação superior em computação' [37].

Por fim, apresentaremos as conclusões obtidas nessa área tão importante, mas que está tão atrasada em comparação com outros países, como Reino Unido e Estados Unidos, que foram abordados no Capítulo 2.

Capítulo 5

Conclusão

Este capítulo tem como objetivo apresentar as conclusões desta pesquisa e listar possíveis trabalhos futuros.

5.1 Objetivos Alcançados

O ecossistema educacional smartUnB.ECOS [4] visa criar um ambiente em que seus serviços possam ser integrados de maneira inteligente, beneficiando a comunidade acadêmica. Durante uma das etapas de consolidação do projeto, foi identificada a necessidade de criação de um *Moodle Descentralizado* utilizando uma Web Descentralizada, com o objetivo de armazenar os dados do usuário ao longo da vida.

Portanto, entende-se que os objetivos deste trabalho foram supridos de maneira satisfatória. Num primeiro momento, o objetivo geral consistiu em contribuir com a importância da Web Descentralizada para aplicações educacionais na educação formal e ressaltar a sua relevância para aprendizagem ao longo da vida. Considerou-se a necessidade de implementar uma Web Descentralizada no contexto da educação formal, com foco no LMS Moodle.

Em um segundo momento, realizamos uma análise comparativa entre o Moodle Centralizado e o Descentralizado, apresentando pontos positivos e negativos de cada abordagem. Além disso, fundamentamos nossa base teórica na Web Centralizada e Descentralizada de Berners-Lee, a qual teve início em meados de 1989. Vale ressaltar que a tecnologia está em constante evolução, mas desde o século XX, já existem discussões cruciais segundo Berners-Lee, Tim e Ferguson, Rebecca, envolvendo ética computacional e privacidade dos dados, embora não sejam de forma aprofundada. No entanto, essas discussões trazem um leque de possibilidades para implementações no futuro. Ademais, propomos o uso de *Learning Analytics* para calcular indicadores sobre registros de realização de atividades, juntamente com cenários de utilização a posteriori por aplicações *Solid Compatíveis*.

Vale lembrar que trabalhos realizados em campo têm grande relevância no cenário de pesquisa, visto que validam, no campo da prática, ideias fundamentadas no campo da teoria que propusemos até o presente momento.

5.2 Contribuições

A princípio, foram levantados trabalhos relacionados tanto a aplicações Web Educativas e Descentralização, quanto a Aplicações Descentralizadas em uma Web, por seu criador.

Também houve um aparato teórico e tecnológico em relação à aprendizagem ao longo da vida, *Learning Analytics* com seus benefícios, recursos de LA no LMS Moodle, ética e privacidade na AIED, análise de aprendizagem em conjunto com o Moodle e potenciais vulnerabilidades.

Ademais, foram levantadas propostas de indicadores armazenados por intermédio de um *POD*: uma visão do mecanismo, cálculo, manutenção e cenários de uso a posteriori, abordando pontos pertinentes como mecanismo para atualização de competências e habilidades no *POD*.

Por fim, abordamos a análise de aprendizagem para calcular indicadores sobre registros de realização de atividades, a manutenção desses indicadores pelos proprietários e possíveis cenários de utilização por aplicações *Solid Compatíveis*. Por último, mas não menos importante, foi feita uma análise comparativa de um Moodle Centralizado e um Descentralizado.

5.3 Trabalhos Futuros

Os resultados desta pesquisa abrem um leque de possibilidades de trabalhos futuros, buscando alcançar o sistema esperado da smartUnB.ECOS [4]. Com a pesquisa realizada, foi possível notar a importância da rede descentralizada nos dias atuais, bem como a relevância dos indicadores ao longo da vida das pessoas, especialmente dos estudantes.

A partir desse trabalho recomendamos os seguintes trabalhos futuros:

- Trabalho 1: Implementação de telas e código de um Moodle que seja Descentralizado e os estudantes possam levar dados pertinentes junto com eles;
- Trabalho 2: Implementação de um plug-in para o Moodle e ter uma *LTI* compatível - *Learning Tools Interoperability (Interoperabilidade de Ferramentas de Aprendizagem)* para abranger outros LMS;

- Trabalho 3: Pegar o plug-in desenvolvido e gerar uma versão beta, fazendo um teste controlado com alunos reais;
- Trabalho 4: A partir dos feedbacks coletados no trabalho em campo com a versão beta do plug-in, aperfeiçoar os indicadores do modelo e investigar outros fazendo uma revisão sistemática de LLL;
- Trabalho 5: Ampliar o leque de investigação sobre a aprendizagem ao longo da vida e que outros indicadores poderiam ser relevantes para ser armazenados no *POD* ("*mochila*");
- Trabalho 6: Investigar a implementação de formas descentralizadas para estudantes de ensino fundamental e médio, pois muitas vezes eles não utilizam algum sistema parecido com o Moodle; e
- Trabalho 7: Fazer um estudo de caso dos dados brutos que os professores desejam, com o objetivo de gerar os indicadores para saber a vida pregressa do aluno.

Além disso, com a implementação do Moodle Descentralizado, é necessário realizar testes de campo para poder comparar as diferenças entre o Moodle Centralizado e o Descentralizado. É essencial aprofundar os indicadores pertinentes para um Moodle Descentralizado, juntamente com frameworks para aprendizagem ao longo da vida, uma vez que este trabalho abrangeu um aparato geral sem aprofundar esses pontos.

Referências

- [1] Nóbrega, Germana e Fernando Cruz: *Rumo a um Ecosistema Educacional Apoiado por Computador e Socialização em Rede Descentralizada*. Em *Anais Estendidos do XVII Simpósio Brasileiro de Sistemas Colaborativos*, páginas 36–41, Porto Alegre, RS, Brasil, 2021. SBC. https://sol.sbc.org.br/index.php/sbsc_estendido/article/view/16033, ISSN: 0000-0000 event-place: Evento Online. v, vi
- [2] Ferguson, Rebecca: *Learning analytics: drivers, developments and challenges*. *International Journal of Technology Enhanced Learning*, 4(5-6):304–317, 2012. <https://www.inderscienceonline.com/doi/abs/10.1504/IJTEL.2012.051816>. 1, 23, 24, 25
- [3] Ferguson, Rebecca: *Ethical Challenges for Learning Analytics*. *Journal of Learning Analytics*, 6(3):25–30, dezembro 2019. <https://learning-analytics.info/index.php/JLA/article/view/6587>. 1, 2, 23, 24
- [4] Nóbrega, Germana, Gabriel Silva e Thiago Silva: *Um projeto estruturante para orientações de TCC em cursos de computação: que oportunidades para IHC?* Em *Anais do XIII Workshop sobre Educação em IHC*, páginas 19–24, Porto Alegre, RS, Brasil, 2022. SBC. <https://sol.sbc.org.br/index.php/weihc/article/view/22854>, ISSN: 0000-0000 event-place: Diamantina/MG. 1, 2, 56, 57
- [5] Ferguson, Rebecca, Tore Hoel, Maren Scheffel e Hendrik Drachslér: *Guest Editorial: Ethics and Privacy in Learning Analytics*. *Journal of Learning Analytics*, 3(1):5–15, abril 2016. <https://learning-analytics.info/index.php/JLA/article/view/4912>. 3, 26, 40
- [6] Holmes, Wayne, Kaska Porayska-Pomsta, Ken Holstein, Emma Sutherland, Toby Baker, Simon Shum, Olga Santos, Mercedes Rodrigo, Mutlu Cukurova, Ig Bitten-court e Kenneth Koedinger: *Ethics of AI in Education: Towards a Community-Wide Framework*. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 32, abril 2021. 3, 39, 40, 41
- [7] Ricklefs, Hannes, Max Leonard, J. Loveridge, Juliette Carter, Kevin Mackay, Jack Allnut, Thomas Preece, T. Nooney, Kamara Bennett, J. Cox, A. Greenham, T. Broom, A. Balantyne, Taym Al Ali Ahmed e B. Thompson: *Stronger Together: Cross Service Media Recommendations*. *SMPTE Motion Imaging Journal*, 131(10):55–65, 2022. 6, 13, 14
- [8] Salar, Hürşit, Ugur Basarmak e mehmet Emre: *Educational Integration of the Meta-verse Environment in the Context of Web 3.0 Technologies: A Critical Overview of*

- Planning, Implementation, and Evaluation*. IGI Global, página 20, 2023. <https://encurtador.com.br/eoxJS>. 6, 9
- [9] Sutikno, Tole e Asa Aisyahrani: *Non-fungible tokens, decentralized autonomous organizations, Web 3.0, and the metaverse in education: From university to metaversity*. *Journal of Education and Learning (EduLearn)*, 17(1):1–15, fevereiro 2023. 7, 9
- [10] Kahraman, H. Tolga, Seref Sagiroglu e Ilhami Colak: *Development of adaptive and intelligent web-based educational systems*. Em *2010 4th International Conference on Application of Information and Communication Technologies*, páginas 1–5. IEEE, 2010. 7
- [11] Churchill, Daniel: *Educational applications of Web 2.0: Using blogs to support teaching and learning*. *British journal of educational technology*, 40(1):179–183, 2009, ISSN 0007-1013. Place: Oxford, UK Publisher: Blackwell Publishing. 8
- [12] Barone Rodrigues, André, Diego Roberto Dias, Valéria Martins, Paulo Bressan e Marcelo Guimaraes: *WebAR: A Web-Augmented Reality-Based Authoring Tool with Experience API Support for Educational Applications*. Em *Universal access in human-computer interaction*, páginas 118–128, Canada, maio 2017. Springer, ISBN 978-3-319-58702-8. 8
- [13] Nunes, Maurício e Fábio Ferrentini: *A Web 2.0, suas tecnologias e aplicações educacionais*. Pantheon Repositório Institucional da UFRJ, páginas 1–64, fevereiro 2008. https://pantheon.ufrj.br/bitstream/11422/2091/2/02_08_000696295.pdf. 9
- [14] Martins, Daiana: *Web 3.0: a nova era da educação descentralizada*, dezembro 2022. <https://abmes.org.br/blog/detalhe/18623/web-3.0-a-nova-era-da-educacao-descentralizada->, Published: ABMES blog. 9
- [15] Yeung, Ching man Au, Ilaria Liccardi, Kanghao Lu, Oshani Seneviratne e Tim Berners-Lee: *Decentralization: The future of online social networking*. Em *W3C Workshop on the Future of Social Networking Position Papers*, volume 2, páginas 2–7. W3, 2009. 9, 10
- [16] Mikroyannidis, Alexander, Allan Third e John Domingue: *Decentralising online education using blockchain technology*. Em *The Online, Open and Flexible Higher Education Conference: Blended and online education within European university networks*. The Open University, 2019. <https://oro.open.ac.uk/68377/>. 10
- [17] Ghayvat, Hemant, Munish Sharma, Prosanta Gope e Pradip K. Sharma: *SHARIF: Solid Pod-Based Secured Healthcare Information Storage and Exchange Solution in Internet of Things*. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 18(8):5609–5618, 2022. 11, 12, 13, 16
- [18] Amin, Ruhul, Ashraful Islam, Deluwar Hussen Tanvir e Redwanul Islam Arif: *HIREX: A Heterogeneous Interoperable Blockchain Solution For Hiring System*. Em *2023 3rd International Conference on Intelligent Communication and Computational Techniques (ICCT)*, páginas 1–7, Jaipur, India, 2023. IEEE. 15

- [19] Taş, Ruhi e Ömer Özgür Tanrıöver: *Building A Decentralized Application on the Ethereum Blockchain*. Em *2019 3rd International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT)*, páginas 1–4. IEEE, 2019. 15
- [20] Pandit, Harshvardhan J.: *Making Sense of Solid for Data Governance and GDPR*. *Information*, 14(2), 2023, ISSN 2078-2489. <https://www.mdpi.com/2078-2489/14/2/114>. 15
- [21] Rajagopal, Kamakshi: *Entornos personales de aprendizaje como sistemas sociotécnicos: ¿los datos descentralizados nos dan por fin el equilibrio adecuado?* *Revista de Educación a Distancia (RED)*, 23(71), 2023. <https://revistas.um.es/red/article/view/526851>. 15, 16
- [22] Fallatah, Khalid U., Mahmoud Barhamgi e Charith Perera: *Personal Data Stores (PDS): A Review*. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 23(3), janeiro 2023, ISSN 1424-8220. Place: Switzerland. 15
- [23] Poquet, Oleksandra, Kirsty Kitto, Jelena Jovanovic, Shane Dawson, George Siemens e Lina Markauskaite: *Transitions through lifelong learning: Implications for learning analytics*. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 2:100039, 2021, ISSN 2666-920X. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666920X21000333>. 18, 19, 27, 49
- [24] Kanuru, Srii Laasya e Priyaadharshini M: *Lifelong Learning in higher education using Learning Analytics*. *Procedia Computer Science*, 172:848–852, 2020, ISSN 1877-0509. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050920314514>. 18, 28
- [25] Mikroyannidis, Alexander, Allan Third e John Domingue: *A case study on the decentralisation of lifelong learning using blockchain technology*. *Journal of Interactive Media in Education*, 2020(1):1–10, dezembro 2020. <https://oro.open.ac.uk/71952/>. 18
- [26] Mansour, Essam, Andrei Vlad Sambra, Sandro Hawke, Maged Zereba, Sarven Capadisli, Abdurrahman Ghanem, Ashraf Abounaga e Tim Berners-Lee: *A Demonstration of the Solid Platform for Social Web Applications*. Em *Proceedings of the 25th International Conference Companion on World Wide Web, WWW '16 Companion*, páginas 223–226, Republic and Canton of Geneva, CHE, 2016. International World Wide Web Conferences Steering Committee, ISBN 978-1-4503-4144-8. <https://doi.org/10.1145/2872518.2890529>, event-place: Montréal, Québec, Canada. 21, 22
- [27] Sambra, Andrei Vlad, Essam Mansour, Sandro Hawke, Maged Zereba, Nicola Greco, Abdurrahman Ghanem, Dmitriy Zagidulin, Ashraf Abounaga e Tim Berners-Lee: *Solid : A Platform for Decentralized Social Applications Based on Linked Data*, 2016. http://emansour.com/research/lusail/solid_protocols.pdf, acesso em 2023-08-23. 21

- [28] Yildirim, Denizer e Yasemin Gulbahar: *Implementation of Learning Analytics Indicators for Increasing Learners' Final Performance*. Technology, Knowledge and Learning, 27:1–26, junho 2022. 23
- [29] Cardoso, Michael Miller Rodrigues, João Victor Falcão Santos Lima, Márcio Henrique Vieira de Oliveira e Ranilson Oscar Araujo Paiva: *O Uso de Learning Analytics em Ambientes de Aprendizagem Online: um Mapeamento Sistemático da Literatura*. Revista Brasileira de Informática na Educação, 30:396–418, setembro 2022. <https://sol.sbc.org.br/journals/index.php/rbie/article/view/2664>. 24, 25
- [30] Rangel, Barbara Varanda: *Contribuições para conduta ética em três momentos na pesquisa em tecnologia educacional: implantação, projeto e avaliação*, 2021. Published: Monografia (Graduação em Ciência da Computação). Universidade de Brasília (UnB). 26
- [31] Drachsler, Hendrik, Adam Cooper, Tore Hoel, Rebecca Ferguson, Alan Berg, Maren Scheffel, Gábor Kismihók, Jocelyn Manderveld e Weiqin Chen: *Ethical and privacy issues in the application of learning analytics*. Em *5th International Learning Analytics & Knowledge Conference (LAK15): Scaling Up: Big Data to Big Impact*, Poughkeepsie, NY, USA, março 2015. Journal of learning analytics. <https://oro.open.ac.uk/42347/>. 26
- [32] Chatti, Mohamed e Arham Muslim: *The PERLA Framework: Blending Personalization and Learning Analytics*. International Review of Research in Open and Distance Learning, 20(1):244–261, fevereiro 2019. 29, 30, 31, 32, 33
- [33] Diniz, Juliana, Manoel Lima Filho e Sonia França: *Avaliando Artefatos para o Ensino e Aprendizagem do Pensamento Computacional Junto aos Licenciandos em Computação*. Em *Anais do XXXIII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, páginas 1292–1302, Porto Alegre, RS, Brasil, 2022. SBC. <https://sol.sbc.org.br/index.php/sbie/article/view/22501>, ISSN: 0000-0000 event-place: Manaus. 34, 35
- [34] Augusto, Marcelo, Fábio Yoshimitsu, Márcia Häfele e Felipe Margaria, Liane and Dias: *Uma ferramenta de learning analytics para o Moodle*. Nuevas Ideas en Informática Educativa TISE 2015, 11(2015):821–824, 2015. <http://www.tise.cl/volumen11/TISE2015/821-824.pdf>. 38, 39
- [35] Pargman, Teresa Cerratto, Cormac McGrath, Olga Viberg, Kirsty Kitto, Simon Knight e Rebecca Ferguson: *Responsible learning analytics: creating just, ethical, and caring*. Em *11th International Conference on Learning Analytics & Knowledge (LAK21)*, Irvine CA USA, 2021. Companion Proceedings 11th International Conference on Learning Analytics & Knowledge (LAK21). <https://oro.open.ac.uk/75925/>. 41
- [36] Duda, João Marcos Schmaltz: *Uma Investigação Sobre o Projeto Solid: da Prospecção para Ecossistema Educacional ao Desenvolvimento de Aplicações como Prova de Conceito*. Monografia de Graduação, Universidade de Brasília, Departamento de Ciência da Computação, Brasília - DF, 2023. Published: Monografia (Graduação em Ciência da Computação). Universidade de Brasília (UnB). 55

- [37] Souza, Thiago Ferreira Bispo de e Oscar Etcheaverry Barbosa Madureira da Silva: *Implantação de um POD server para ecossistema educacional e sua introdução na educação superior em computação*, 2023. Published: Monografia (Graduação em Ciência da Computação). Universidade de Brasília (UnB). 55