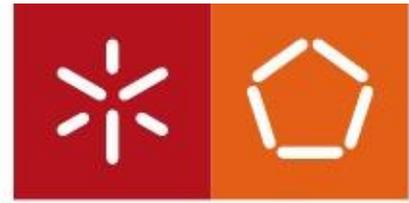


Universidade do Minho
Escola de Engenharia



Ruben Eliseu da Cunha Oliveira

Dissertação
Monitorização da performance do aluno no processo de
aprendizagem



Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática

Ruben Eliseu da Cunha Oliveira

Dissertação
Monitorização da performance do aluno no processo de
aprendizagem

Dissertação de Mestrado
Mestrado em Engenharia Informática

Trabalho realizado sob orientação de:
Paulo Jorge Freitas de Oliveira Novais
Davide Rua Carneiro

Resumo

Nos dias de hoje verifica-se cada vez mais que vivemos num mundo onde a tecnologia tem grande relevância em todas as áreas. Com este constante avanço, pode salvar-se milhares de vidas todos os dias devido à sua união com a medicina, melhora-se a capacidade de prever o tempo na área da meteorologia, apoia-se a química com o desenvolvimento de *software* para o estudo molecular, entre outros. A tecnologia está em todo o lado, como se pode notar, e requer uma constante adaptação por parte do Ser Humano para melhorar o seu desenvolvimento. Uma área que já utiliza este avanço é a educação, e é onde este projeto se irá focar. Com a ajuda de um sistema de *e-learning* (*Moodle*) pretende-se criar um sistema inteligente para reduzir a distância entre os professores e os alunos durante a sua vida académica. Pretende-se, também, dar a possibilidade aos professores de perceber mais facilmente e mais objetivamente as dificuldades dos seus alunos através do desempenho que os mesmos apresentam durante os momentos de avaliação.

Abstract

Nowadays, it is verified increasingly that we live in a world where technology is having great relevance in all areas. Through this constant advance, we can today save thousands of lives every day due to the union with medicine, improving the ability of temporal diagnosis in the field of meteorology, supporting the chemistry in the development of software for molecular study, among many others. Technology is everywhere, as already noted, and requires constant adaptations from us humans to improve our development. One area that already uses much of this technological advancement is education, and it is here that this project will focus. With the help of an e-learning system (Moodle) is intended to create an intelligent system to reduce the distance between teachers and students during their academic life. It is intended to also give the possibility to teachers to perceive more easily and objectively the difficulties of their students through the performance they present during the evaluation moments.

Índice

1	Introdução	2
1.1	Motivação.....	3
1.2	Objetivos	4
1.3	Metodologia de trabalho/investigação	5
2	Inteligência artificial na educação.....	8
2.1	Sistemas de tutoria inteligente	8
2.2	Sistema de gestão de aprendizagem	11
2.3	Ambiente inteligente.....	14
2.3.1	Potencial para aprendizagem	19
2.3.2	Sensibilidade do contexto	19
2.3.3	Sensibilidade social e emocional	20
2.3.4	Interação homem-máquina (HCI)	21
2.3.5	Salas de aulas inteligentes	21
2.3.6	Ambiente inteligente no LMS	22
3	E-learning.....	28
3.1	Evolução	30
3.2	Vantagens e desvantagens.....	33
3.3	E-learning em Portugal.....	36
3.3.1	Moodle.....	36
3.3.2	Blackboard.....	40
3.4	Futuro.....	41
4	Stress e a sua Importância na Aprendizagem.....	44
4.1	A Influência do Contexto	47
4.2	Stress enquanto processo cognitivo abrangente	50
4.3	Abordagens para aquisição do contexto	51
4.4	Análise comportamental.....	54
5	Sistema de Apoio ao Professor	62
5.1	Arquitetura.....	63

5.2	Mockups.....	66
5.2.1	Login.....	66
5.2.2	Momento de avaliação ativo	67
5.2.3	Relatórios	69
5.2.4	Performance e tempo gasto	70
6	Caso de estudo	74
6.1	Experiência	75
6.2	Resultados	76
6.2.1	Rato	76
6.2.2	Teclado.....	78
6.2.3	Interação.....	78
6.3	Conclusões	84
7	Conclusão	86
8	Bibliografia.....	88

Índice de figuras

Figura 1 - Utilização da Internet e outras tecnologias em casa e na escola.....	3
Figura 2 - Camadas do ambiente inteligente.....	17
Figura 3 - Áreas do ambiente inteligente.....	18
Figura 4 - Diferentes formas de aprendizagem	30
Figura 5 - Distribuição dos sistemas de gestão de aprendizagem em Portugal	36
Figura 6 - Liderança Moodle.....	38
Figura 7 - Crescimento Moodle	39
Figura 8 - Estatísticas 2015.....	39
Figura 9 - Preferência dos clientes.....	40
Figura 10 - Comparação dos sistemas de gestão de aprendizagem	41
Figura 11 - Europa ocidental e-learning	42
Figura 12 - Crescimento dos sistemas de e-learning	42
Figura 13 - Estado sobre stress	46
Figura 14 - Dispositivos usados para implementar a abordagem descrita e processo de construção de um modelo comportamental a partir dos eventos de sistema.....	56
Figura 15 - Processo de cálculo da distância real viajada pelo rato.....	57
Figura 16 - Distância em linha reta entre dois pontos no ecrã (sdist) versus distância realmente percorrida pelo ponteiro (rdist).	58
Figura 17 - A distância média entre dois cliques à linha reta	59
Figura 18 - Processo de cálculo do somatório dos ângulos entre cada dois segmentos do movimento real do rato.	60
Figura 19- Interligação de componentes no caso do aluno.....	64
Figura 20 - Interligação de componentes no caso do professor.....	65
Figura 21 - Esboço da interface início de sessão	67
Figura 22 - Esboço da interface momento de avaliação ativo	68
Figura 23 - Esboço da interface resposta do aluno	69
Figura 24 - Esboço da interface relatórios.....	70
Figura 25 - Esboço da interface dos gráficos individuais da interação.....	71
Figura 26 - Esboço da interface dos gráficos coletivos de interação.....	72
Figura 27- Média dos tempos gastos	80

Figura 28 - Tempos gastos do aluno 6.....	81
Figura 29 - diferença entre a interação e as perguntas respondidas	82
Figura 30 - Tempo gasto pelos alunos na pergunta 1	83
Figura 31 - Tempos gastos pelo aluno 7	83
Figura 32 - Comparação entre os tempos gasto pelo aluno 4 com a média	84

Índice de tabelas

Tabela 1 - Média e mediana dos valores do rato	76
Tabela 2- Média e mediana dos dados do teclado	78
Tabela 3 - Dados referente aos tempos gastos.....	78
Tabela 4 - Percentagem de teste consultado	80
Tabela 5 - Dados acerca das perguntas	81

Índice de equações

Equação 1- Distância percorrida pelo rato	57
Equação 2 - Excesso percorrido ente dois pontos	58
Equação 3 - Distância média entre dois cliques consecutivos	59

1 Introdução

Ao longo dos últimos anos a evolução na área da informática tem sido significativa e parece não ter limites.

Esta dissertação irá focar-se na evolução da informática na área da educação e como conseguiu trazer até nós melhoras significativas na forma de ensino e aprendizagem. Vive-se, nos dias de hoje, num mundo onde se pode: estar na comodidade do seu lar e ter acesso a todo o material de apoio lecionado na escola; utilizar uma ferramenta qualquer para um rápido esclarecimento de dúvidas com os professores; as aulas deixaram de ser dadas nos quadros e começou-se a utilizar cada vez mais as apresentações para lecionar a matéria proporcionando aulas mais didáticas e interativas. Tudo isto é possível devido ao desenvolvimento dos sistemas de aprendizagem em ambiente virtual tais como o *Moodle*, *Blackboard* ou *ATutor*.

Estes sistemas já integram atualmente várias ferramentas de forma a ajudar o aluno a melhorar o seu rendimento escolar. Desde a organização de todo o material e calendarização das datas de entrega durante o ano letivo e notificações das mesmas, até à realização de teste de avaliação.

Por outro lado, encontram-se os sistemas de tutoria inteligente que são programas desenhados para implementar as técnicas criadas pelas comunidades da inteligência artificial. Estes programas têm o intuito de reproduzir, através do computador, comportamentos realizados pelos humanos, neste caso o professor, de forma a melhorar a aprendizagem de uma certa temática por parte do aluno. Visam adaptar-se às necessidades de cada aluno facilitando a aprendizagem por ser mais direcionada a cada dificuldade.

Posto isto, os alunos por vezes não se apercebem do seu desenvolvimento ou aprendizagem ao longo do ano, mesmo com a realização das fichas práticas/avaliação. É necessário ter uma perspetiva mais exata do seu desenvolvimento, isto é, através da medição da sua performance!

O termo performance é interpretado de forma diferente por cada pessoa, a grande maioria delas associam a performance à rapidez com que se executa uma dada tarefa mas, nem sempre é assim. Ela é a medida que resulta da conjugação da realização de uma tarefa e o resultado produzido pela mesma.

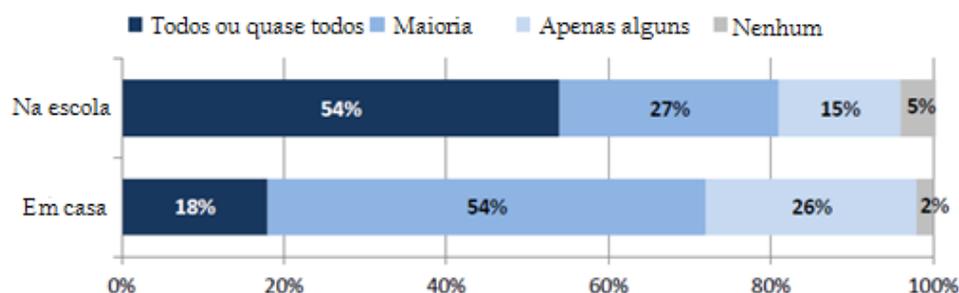
A performance pode ser medida através de vários e quaisquer critérios, tudo depende qual é o objetivo final que se quer avaliar. Um exemplo prático de forma a entender melhor é a avaliação da performance de um jogador de futebol. Podem ser usadas várias combinações de atributos para que o treinador consiga perceber até que ponto aquele jogador pode ser valioso para o esquema tático que quer montar e/ou até para aspetos mais relacionados com o grupo (conflituoso, responsável, pacífico, entre outros).

Com base em tudo isto, o principal objetivo desta dissertação é dar a perceber aos professores a forma evolutiva como os seus alunos realizam os momentos de avaliação (fichas práticas e testes de avaliação).

1.1 Motivação

Ao longo dos anos, e com a progressão da tecnologia, é visível um grande aumento do número de pessoas que utilizam e possuem: computador, internet e *smartphones*. Encontramo-nos cada vez mais enquadrados numa sociedade envolvida nas novas tecnologias.

Os professores, sem fugir à regra, estão a integrar cada vez mais nas suas aulas as novas tecnologias de forma a impulsionar a aprendizagem por parte do aluno. Ajudam a melhorar a exposição dos conteúdos de forma mais didática até à simples disponibilização desse mesmo material para futuro estudo. Como se pode constatar neste estudo [1], são os próprios a afirmar que as novas tecnologias são uma mais-valia para melhorar o ensino. As escolas estão a conseguir dar suporte às necessidades dos professores e os alunos também já são capazes de corresponder às mesmas como apresenta a Figura 1.



Source: Teacher data from the Pew Research Center's Internet & American Life Project Online Survey of Teachers, March 7 to April 23, 2012, n=2,462 middle and high school teachers.

Figura 1 - Utilização da Internet e outras tecnologias em casa e na escola

É claro que os alunos estão, nesta nova era, cada vez mais próximos da tecnologia e mais que capazes de utiliza-la para o seu benefício. Pode-se verificar pela imagem acima que a grande maioria dos alunos têm acesso às tecnologias necessárias para realizar o seu percurso escolar. Posto isto é visível que a sociedade deixou de parte a ideia de que a tecnologia é um “bicho” tornando-se cada vez mais recetível a novas tecnologias [2].

Agrupando todas estas variáveis com os sistemas de *e-learning* já é possível acompanhar os alunos cada vez mais de perto por parte dos professores. Estes sistemas são utilizados pelas escolas para esse efeito mas são fontes de conhecimento que ainda podem ser exploradas e desenvolvidas.

Pode-se pensar então que se tem tudo o que é preciso para melhorar ainda mais a performance dos alunos. Com base nos sistemas de *e-learning* pretende-se construir um sistema capaz de ajudar a acompanhar ainda mais de perto o aluno e ao mesmo tempo, dar ao aluno a capacidade de entender como se comporta perante as perguntas que os professores fazem (em testes e fichas práticas online).

1.2 Objetivos

O principal objetivo proposto nesta dissertação é a criação de um sistema capaz de retirar valores importantes do desempenho do aluno durante a realização das suas provas de avaliação *online* e na realização das fichas práticas *online*.

Baseado na plataforma de aprendizagem *Moodle*, pretende-se o desenvolvimento de um sistema capaz de captar e perceber as variações de performance dos alunos durante as tarefas que lhes são atribuídas, nomeadamente de avaliação, de forma a permitir ao professor conhecer, em tempo real, o progresso de cada um dos seus alunos e assim direcionar melhor as suas intervenções. Nomeadamente, dedicar uma maior fatia do seu tempo a alunos que demonstrem estar a sentir maiores dificuldades ou que apresentem sinais de fadiga ou *stress*. Para conseguir concretizar este sistema pretende-se atingir os seguintes objetivos:

- Desenvolver um sistema para adquirir informação da performance do aluno em tempo real;

- Classificar o estado do aluno de acordo com essas medidas de performance;
- Apresentar informação detalhada ao professor sobre o progresso de cada aluno.

De forma a medir o desempenho dos alunos durante a realização do exame/ficha de avaliação na plataforma de aprendizagem *Moodle*, vai-se desenvolver uma aplicação capaz de captar esses mesmos resultados através da consulta da base de dados do *Moodle* para posterior análise.

No decorrer da realização da tarefa atribuída pelo professor serão captadas as interações que o utilizador fará através dos dispositivos periféricos rato e teclado, de forma a retirar informação relevante para medir a sua performance. Posto isto, a aplicação será capaz de interpretar os resultados obtidos em tempo real e auxiliar o professor de modo a poder ajudar os alunos nas dificuldades que encontram ao longo da realização da tarefa.

Os professores terão a possibilidade de consultar a informação acerca das respostas dos alunos enquanto estes realizam a prova em tempo real.

1.3 Metodologia de trabalho/investigação

Para realizar os objetivos enumerados anteriormente a metodologia de Pesquisa-Ação será a metodologia seguida. Esta metodologia começa por identificar o problema, de modo que uma hipótese possa ser formulada e começar o seu desenvolvimento baseado nessa mesma hipótese. Posteriormente, as informações são recompiladas, organizadas e analisadas, de forma contínua de forma a construir uma proposta para resolver o problema identificado. Finalmente, pode fazer-se as suas conclusões com base nos resultados obtidos durante a investigação. Para este modelo de pesquisa a ser seguido, foram definidos cinco estágios complementares para alcançar os objetivos planeados. As fases definidas são descritas de seguida:

- Especificação do problema e suas características;
- Atualização E revisão do estado da arte constantemente e incrementalmente;
- Idealização e desenvolvimento gradual e interativa do modelo proposto;

- Experimentação e implementação da solução através do desenvolvimento de um protótipo;
- Análise dos resultados e formulação de conclusões.

2 Inteligência artificial na educação

Para compreender o conceito de inteligência artificial é preciso primeiro perceber o que é a inteligência. A definição de inteligência pode ser dada a partir da consulta de qualquer dicionário por: faculdade de conhecer, de aprender, de conceber, de compreender [3].

A inteligência artificial é uma área da computação constituída por um conjunto de teorias e de técnicas com a finalidade de construir sistemas capazes de realizar tarefas complexas de forma inteligente com um nível de competência igual ou superior ao Ser Humano [4] [5].

Devido à complexidade dos temas abordados em torno da educação, foi na inteligência artificial que se encontraram as ferramentas necessárias para desenvolver sistemas capazes de compreender, adaptar e melhorar a interação com os alunos.

De seguida irá abordar-se os sistemas de tutoria inteligente e perceber-se como a inteligência artificial foi fundamental para promover este tipo de sistemas. Sistemas estes que nos dias de hoje são uma forte ferramenta de ensino pois ajudam os alunos a compreender melhor as matérias.

2.1 Sistemas de tutoria inteligente

No início dos anos 50 iniciou-se a investigação do que são hoje os sistemas de tutoria inteligente. B. F. Skinner [6] [7] foi o grande revolucionário nesse tempo com o surgimento dos programas lineares, onde o próprio afirmou que não era necessário ter em conta as respostas dos alunos para que fosse possível ensiná-los.

Construíam-se sistemas que não eram mais que, um *software* que apresentava o conteúdo aos alunos e conduzia o aluno a fazer certas escolhas de acordo com os estímulos que o programa produzia. Conhecidos também por instrução assistida por computador (CAI – *Computer Assisted Instruction*).

Em 1959, Crowder [8] apercebendo-se das fragilidades e incoerência dos argumentos de Skinner desenvolveu uma nova metodologia para este tipo de sistemas. Este sistema já era mais elaborado pois não era tão rígido quanto o de Skinner. Dependendo da resposta que o aluno daria o sistema direciona a informação que lhe será apresentada ao longo do programa.

Nos finais da década de 60 e inícios da década de 70 surgiram os sistemas generativos. *Uhr* [9] *Suppes* [10], *Woods & Hartley* [11] implementaram sistemas que geravam perguntas de acordo com o nível de conhecimento do aluno. Ainda durante esta fase deparou-se com problemas como a falta de dinamismo dos programas, a falta de conhecimento do que o aluno precisaria realmente e a limitação dos tópicos abordados.

Com todos estes problemas, *Carbonell* [12] afirmou que a solução era a introdução das técnicas presentes na inteligência artificial. A ideia era que existisse uma base de dados de conhecimento sobre o tema, as informações da linguagem e os princípios para utilizar durante o decorrer do programa.

Não existe ainda hoje uma arquitetura que tenha ficado como modelo a seguir pela comunidade, mas chegou-se a consenso que existiam três componentes essenciais [13] [14]:

- O módulo do conhecimento especializado;
- O módulo do modelo de aluno;
- O módulo de tutoria.

O módulo de conhecimento especializado contém os conteúdos, factos e regras de um determinado domínio a ser ensinadas ao aluno. Esta informação era reunida através dos vários especialistas da área para assim garantir toda a confiança na informação lá contida.

O módulo do modelo de aluno refere-se à representação do conhecimento e capacidade que o aluno demonstra durante a utilização. Assim o sistema consegue perceber e adaptar-se ao aluno.

O módulo de tutoria é a ponte entre a informação proveniente do aluno e a junção da informação proveniente de cada um dos módulos anteriores, aquando da resposta por parte do sistema, de forma a utilizar essa mesma informação conjuntamente com as estratégias de aprendizagem para responder ao aluno.

Para melhorar a forma de ver os sistemas de tutoria inteligente (ITSs) adicionaram [15] [16] [17] a estes 3 módulos o módulo de interface, que não era mais que a ponte entre o utilizador e o sistema. Era também necessário preocupar-se com a apresentação da informação aos alunos, pois mesmo o sistema sendo o mais inteligente possível, se não tiver uma boa interface não é capaz de cativar o utilizador, podendo levar o sistema a não vingar. Foi assim

introduzido este modo de forma a haver uma preocupação por parte da comunidade neste tema.

Posto isto, os ITSs são, então, programas de *software* na área da educação que procuram no desenvolvimento da inteligência artificial possíveis ferramentas para conseguir ensinar e adaptar-se ao utilizador.

O sistema de tutoria inteligente descreve/apresenta os conceitos teóricos relativos ao tema, cria ou utiliza exercícios práticos de acordo com o conhecimento que tem para colocar o aluno à prova. Por fim, a partir dos resultados obtidos na realização do exercício gera *feedback* e avalia o aluno para se adaptar ao seu desenvolvimento. Sucintamente diz como se faz, manda aplicar o que ensinou e no fim avalia o que foi feito.

Alguns exemplos de sistemas de tutoria inteligente desenvolvidos ao longo do tempo são [18]:

- **Mathematics Tutor** é um sistema desenvolvido por *Beck Bela & Woolf* em 1998 e que consiste em ensinar os alunos a resolver problemas matemáticos descritos em formato de texto de modo aos alunos utilizarem frações, decimais e percentagens. Utilizava o tempo de resolução para avaliar a performance dos alunos para cada tipo de problema.
- O **SHERLOCK** é um sistema construído para a força aérea, para melhorar os conhecimentos dos seus técnicos de um circuito eletrónico específico para os aparelhos F-15. Cria um problema no circuito e espera que os técnicos consigam detetar, caso não consigam descobrir o erro o sistema vai ajudando o técnico apresentando-lhe *feedback* e orientações.
- O **Cardiac Tutor** é um sistema desenhado para ajudar e melhorar o conhecimento na área da cardiologia. O sistema simula um problema cardíaco e os alunos terão que escolher vários tipos de intervenções de forma a aprenderem quais as melhores abordagens no posterior caso real. Enquanto isto o sistema apresenta algumas dicas, apresenta algumas pistas e por fim o *feedback* final ao aluno.

Pensava-se que estes sistemas vinham substituir os professores mas não é isso que se pretende, mas sim que sejam vistos como uma ferramenta de apoio ao professor para que tenham mais informações acerca dos seus alunos. Com esta informação os professores podem personalizar as necessidades dos alunos e adaptar-se dependendo dos resultados apresentados pelo sistema.

Em suma, os ITSs são o que se pode chamar do futuro da aprendizagem. Com o seu desenvolvimento procura-se conseguir estar cada vez mais perto do aluno, adaptar-se ao seu desenvolvimento e podendo assim conduzir os conhecimentos de acordo com o nível que o aluno ainda se encontra.

2.2 Sistema de gestão de aprendizagem

Os sistemas continuaram a evoluir e as escolas cada vez mais apostavam em ferramentas que auxiliassem o professor e o aluno no processo de aprendizagem. Começou-se a ser desenvolver sistemas de maior escala que tiravam partido das tecnologias que iam aparecendo e crescendo, surgiram então os sistemas de gestão da aprendizagem (*Learning Management System - LMS*).

Várias definições foram surgindo, tais como [19]:

Kaplan-Leiserson definiu-o como: “Software que automatiza a administração de treinos. O LMS regista utilizadores, organiza cursos, e regista os dados dos alunos; fornece também relatórios de gestão. Um LMS é tipicamente desenhado para lidar com cursos com muitos editores e fornecedores. Ele não inclui, geralmente, as ferramentas para criação de conteúdos; em vez disso, foca-se na gestão dos cursos criados a partir de várias fontes.”.

Por sua vez, *Hall* definiu-o como: “O sistema de gestão de aprendizagem (LMS) é um software que automatiza a administração de eventos para treinar as pessoas. Todos os sistemas de gestão da aprendizagem gerem o início de sessão dos utilizadores registados, gerem um conjunto de cursos, dados dos alunos registados e fornece relatórios.”.

O LMS não é mais que um sistema capaz de tirar partido dos computadores e redes informáticas durante o processo de aprendizagem. Foi desenvolvido para gerir cursos *online*, distribuir conteúdos desses mesmos cursos e fundamentalmente permitir a colaboração entre os professores e os alunos. O professor gere os cursos e as suas temáticas, controla quem está inscrito nesses cursos, consegue manter um contato mais fácil com os alunos e permite também realizar momentos de avaliação. O aluno, por sua vez, possui

assim uma ferramenta onde terá os seus conteúdos organizados e acessíveis em qualquer parte.

Em ambientes colaborativos, como as empresas, esta ferramenta tornou-se também uma mais valia para especializarem os seus funcionários. A utilização destas ferramentas permitiu dotar os funcionários de novos conhecimentos, através de treinos, com redução de custos, pois aprendiam a partir de cursos online.

Não está definido um conjunto de características que os LMS precisam seguir para a sua construção, mas algumas das principais são:

- Gestão dos alunos inscritos nos cursos;
- Interação entre os alunos e também com os professores, através de mensagens instantâneas, e-mail e fóruns de discussão;
- Gestão do conteúdo curricular;
- Métodos de avaliação e testes;
- Entrega de trabalhos digitalmente.

Estes sistemas devem possuir certas capacidades para conseguirem realizar os objetivos a que se propõem. Para tal, deve ter em consideração os seguintes aspetos [20]:

Interfaces intuitivas

A maioria dos sistemas de gestão de aprendizagem permitem ao utilizador personalizar as suas interfaces de modo a permitir ao utilizador dar um toque pessoal às interfaces, tornando-as assim mais apelativas para o próprio.

A organização e distribuição da informação pela interface deve ser pensada de forma a ser mais fácil localizar essa informação e tornar as tarefas dos utilizadores mais simples.

Personalização

O sistema deve possuir a capacidade de personalizar as interfaces para ajudar o utilizador na adaptação ao sistema, oferecendo várias opções de personalização. Como exemplo temos: a escolha do idioma, configuração das notificações, a informação que deseja ver apresentada, entre outras características importantes. Isto leva a que o LMS seja capaz de agradar a uma maior diversidade de utilizadores, o que neste tipo de sistemas são muito propícios.

Inscrição

O sistema pode permitir que os alunos se inscrevam e mantenham o controle sobre os seus dados, o progresso do curso e os resultados dos testes. Permite também o acesso ao sistema apenas como visitante para consultar informações acerca dos cursos disponíveis e preços, caso sejam cursos pagos.

Sala de Aula Virtual

Os LMS podem ser integrados com os sistemas dos quadros interativos nas salas de aulas para criar uma aula virtual e também ajudar a agendar essas mesmas aulas. Pode oferecer a capacidade de enviar convites ou notificações a avisar o dia da aula e/ou integrar-se com um sistema de calendário *online*.

Rede social

Como as redes sociais estão cada vez mais intrínsecas nos jovens, estes sistemas devem ser capazes de integrar com, por exemplo, o *Faceebok* ou *Twitter* de forma a incentivar os estudantes a partilhar informação. Podem partilhar eventuais trabalhos realizados de modo a divulgá-los ou apenas por mero gosto no seu trabalho. Tudo isto apenas com um simples clique.

Comunicação

LMS deve também ser construído a pensar na presença de funcionalidades para a comunicação, tais como o envio de um e-mail para todos os participantes num determinado curso ou para os alunos individualmente. Deve possuir emails automáticos que podem ser muito úteis para notificar os alunos de um próximo teste ou de uma aula virtual. Deve também possuir locais onde os alunos possam conversar e manter discussões acerca do curso ou de uma matéria.

Relatórios

Um aspeto muito importante é estar sempre a par de como estão a decorrer os acessos aos cursos para ter uma noção da assiduidade dos estudantes. Para isto o sistema deve ser capaz de apresentar, ou permitir exportar a informação para, por exemplo, o *excel*, em forma de gráficos para ser mais fácil a interpretação.

Suporte

A melhor forma de cativar os utilizadores para o sistema deve possuir-se exemplos de criação de cursos e gestão dos mesmos para que o utilizador não se sinta ignorante perante o sistema. A melhor forma de ajudar o utilizador

seriam manuais explicativos de como proceder para a gestão (criação de testes, permissões de visualização, a inserção de ficheiros no sistema, entre outros) que irá necessitar ao longo do tempo.

Momentos de avaliação

Os momentos de avaliação são uma das partes mais importantes durante o processo de aprendizagem, os LMS devem possuir formas de realizar testes ao conhecimento dos estudantes. Deve possuir vários tipos de testes (com avaliação no final, avaliação a cada pergunta no momento, avaliação com penalização, entre outros) devem ser capazes de apresentar diversas formas de resposta (correspondência, escolha múltipla, resposta aberta, entre outras). Permitir embaralhar as perguntas e as respostas também, quando caso disso, e obviamente possuir um número de tentativas e tempo limites. Nesta secção pretende-se que auxilie o professor na construção e avaliação dos testes para facilitar as tarefas dos mesmos.

A utilização dos sistemas de gestão de aprendizagem vieram encorajar as universidades e os estudantes no modo de ver o processo de aprendizagem. As ferramentas estão constantemente a evoluir e, com isso, a proporcionar a estes sistemas um grande crescimento. Com a evolução dos sistemas de informação e integração das tecnologias no quotidiano das pessoas levou a que estes tipos de sistemas pudessem crescer e vigorar.

2.3 Ambiente inteligente

Os computadores deixaram de ser vistos apenas como máquinas onde o Ser Humano trabalha e começaram a ser vistos como uma máquina que pode trabalhar para o seu bem-estar. Se o computador fosse capaz de ser sensível ao ponto de proporcionar facilidades aos seus utilizadores de acordo com as suas necessidades estaria a tornar-se inteligente.

O primeiro termo a aparecer para demonstrar que a tecnologia podia fazer a diferença nos ambientes em que as pessoas trabalham ou frequentam, foi originário de Mark Wieser com o termo *Disappearing computer* (desaparecer com o computador). Queria que os dispositivos utilizados fossem capazes de ser sensíveis e tivessem capacidades computacionais.

Com base no *Disappearing computer* surgiu o aparecimento da computação ubíqua, pelo mesmo autor. Estavam diretamente ligados e por essa razão focavam-se na tecnologia como objetos físicos e/ou recursos, não integravam o elemento fundamental: a inteligência. É aqui que reside a chave que permite ao sistema ser capaz de ter a sensibilidade para ajudar as pessoas para as suas tarefas diárias. Assim sendo, está-se a evoluir a ideia da computação ubíqua de modo a criar novos termos, tal como, ambiente inteligente.

Esta evolução teve por base o estudo da computação ubíqua mas foi através da união de várias perspetivas que se percebeu melhor o que realmente era importante para criar um ambiente inteligente. As perspetivas são as seguintes: a computação móvel, a computação disseminada e o próprio ambiente [21].

A computação ubíqua trouxe uma nova forma de ver a computação móvel na medida em que apresenta estes dispositivos como o melhor exemplo de omnipresença e como a melhor forma de criar uma grande rede, à escala mundial. As propriedades que estes dispositivos apresentam estão enumeradas de seguida:

- **Portátil** – Capacidade de registar as pegadas dos utilizadores além de possuírem baterias de baixa capacidade;
- **Wireless** – Conetividade wireless com protocolos de transferência de ficheiros com propriedades TCP/IP;
- **Em rede** – Dados remotos e utilização de serviços protocolados;
- **Localização** – Sistema de posicionamento global (GPS), para uma localização mais sensível;
- **Segurança** – Autenticação encriptada e privacidade condicional a partir dessa autenticação.

Esta perspetiva refere-se a serviços e não aos objetos móveis em si, além de usar soluções pertencentes ao domínio da computação móvel, dá mais ênfase às propriedades que os softwares de serviços possuem. Foca-se nos problemas relativos à comunicação, pois ela não iria ser perfeita, e interoperabilidade entre sistemas. Apresenta dificuldades físicas, tais como:

tamanho das instalações, peso das infraestruturas e peso computacional, mas também os seus benefícios que serão mencionados de seguida:

- **Ubíquo** – Sempre presente em toda a parte, com a mesma identidade;
- **Interativo** – Controlo sobre as diferentes formas de interações que os utilizadores possam;
- **Interoperabilidade** – Fácil integração com outros sistemas;
- **Distribuído** – Acesso simultâneo aos recursos, incluindo unidades de processamento e base de dados;
- **Escalável** – Adaptação dos recursos, qualidade dos serviços e uma degradação suave.

O que rodeia o utilizador é tão fundamental como as restantes ferramentas e serviços mencionados. A envolvência destas ferramentas permite perceber e medir as interações dos utilizadores com o meio que os envolve, porque isto realmente define o utilizador. O ambiente tem que ser capaz de proporcionar as melhores condições possíveis sem que isso interfira, maioritariamente, com o utilizador. As propriedades que o ambiente apresenta de modo a se tornar um ambiente inteligente são as seguintes:

- **Incorporado** – Inclusão dos objetos no ambiente do utilizador de modo a ser o menos intrusivo possível;
- **Contexto** – Saber o que se passa com o utilizador ou com o ambiente;
- **Personalizável** – Capacidade de personalizar o ambiente ou aplicação;
- **Adaptável** – Adaptar-se às necessidades do utilizador;
- **Antecipar** – Possibilidade de perceber o que o utilizador necessita em certo momento.

A palavra ambiente refere-se então a tudo o que envolve o utilizador, enquanto que a palavra inteligente se refere ao facto desse mesmo ambiente ser capaz de reagir perante determinada situação. Por vezes o ambiente apercebe-se e altera-se sem que o utilizador dê por si.

Computação ubíqua ajudou a cunhar o termo ambiente inteligente mas não foi o único, outros ramos como comunicação ubíqua e interfaces inteligentes mudaram a forma de ver um ambiente inteligente, onde são parte integrante.

A Figura 2 apresenta a divisão, em três camadas, da estrutura que engloba os ambientes inteligentes.

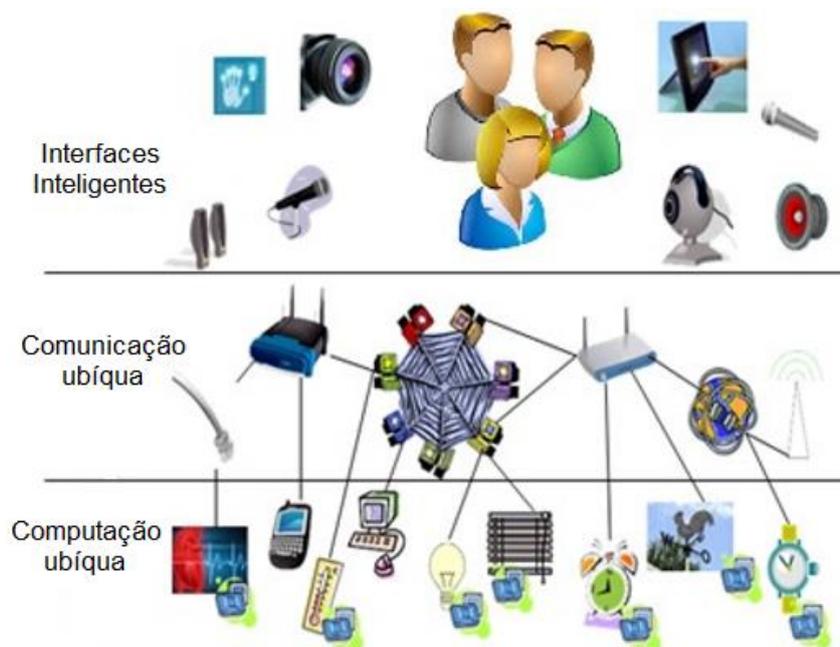


Figura 2 - Camadas do ambiente inteligente

Observando a Figura 2 constata-se que na camada da computação ubíqua encontram-se os dispositivos que são hoje em dia utilizados com bastante regularidade já, tais como: o telemóvel, o computador, medidor de temperatura, lâmpadas, persianas, etc. Torna-se cada vez mais comum falar-se de utensílios que são inteligentes, que permitem ser ligados ou desligados remotamente, mas isso não é por si só um ambiente inteligente [22]. O ambiente tem que possuir a sensibilidade e a pro-atividade de responder por si só aos estímulos que recebe ou que o utilizador assim o necessita. O simples fato de o utilizador tomar o pequeno almoço todos os dias à mesma hora e se colocar a torradeira a aquecer não é sinónimo de um ambiente inteligente. Mas, se a partir da hora que o utilizador se põe a pé o ambiente for capaz de começar a aquecer a torradeira ou o leite que já estava no fogão, já é um exemplo de adaptação e aprendizagem. Aprender e adaptar com o utilizador é a essência que leva à sensibilidade e pro-atividade que caracterizam um ambiente inteligente [23].

Para que seja possível a aprendizagem e adaptação mencionada o sistema tem de aprender, os exemplos anteriores referem-se a um local apenas como uma habitação. Se o utilizador se ausentar tudo vai mudar, sendo necessário infraestruturas que continuem a apoiar a aprendizagem, é aqui que entra a camada de comunicação ubíqua. É preciso transmitir informação para a base de conhecimento de modo a evoluir, as redes de comunicação como a

internet são o ponto mais importante nesta camada. São responsáveis, juntamente claro com a computação ubíqua, por não deixar o sistema de parte e sem informação do utilizador por longos intervalos de tempo.

Para que os utilizadores sejam capazes de manusear e perceber toda a informação que está a ser recolhida de um modo apelativo é essencial a camada mais superior, as interfaces inteligentes. Estas são as responsáveis por permitir aos utilizadores consultar informação mesmo que o utilizador tenha dificuldades, sejam elas quais forem (adaptar às dimensões do ecrã, à capacidade de visão ou audição do utilizador, etc).

Posto isto, um ambiente inteligente é então a união de vários elementos, visíveis ou não visíveis, que auxiliam o utilizador não só nas suas tarefas mas também no seu bem-estar.

Esta área para existir e crescer “está dependente” de outras áreas ligadas às ciências da computação. As áreas mais importantes, entre outras, que permitem ao ambiente inteligente apresentar todas as características já mencionadas são: a inteligência artificial (AI), interação homem-computador (HCI), sensores, redes e computação ubíqua (Figura 3).

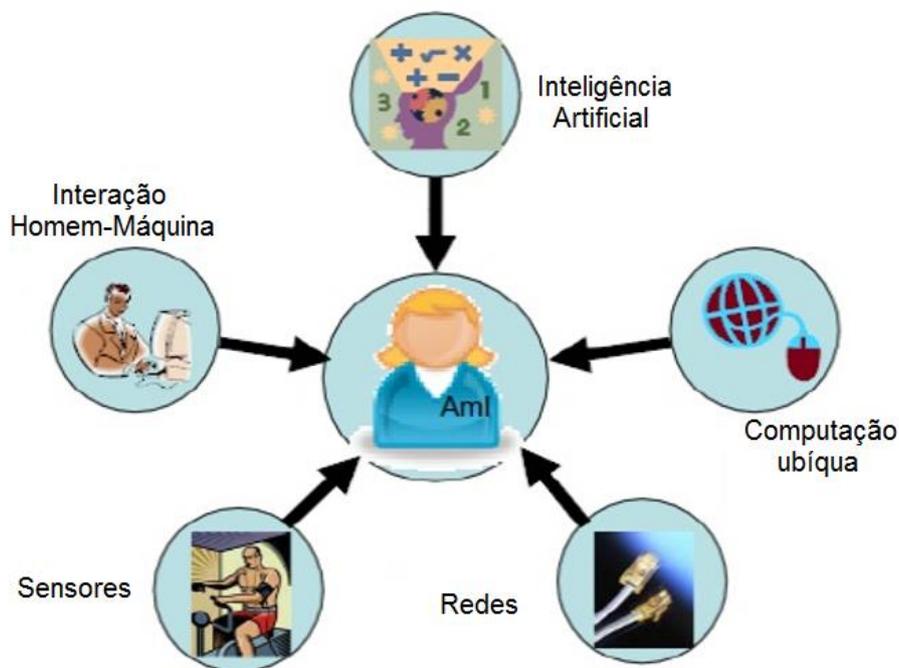


Figura 3 - Áreas do ambiente inteligente

Cada área dá o seu contributo para que se possa estar num ambiente capaz de ser sensível e proactivo. A interação com o computador permite a recolha dos dados relativos ao estado do utilizador. A inteligência artificial com o

seu desenvolvimento permite a criação de algoritmos suficientemente eficazes para melhorar estes sistemas. A computação ubíqua permite a criação de dispositivos para o acompanhamento em todo o lugar. As redes permitem a transmissão de informação entre os vários locais onde se possa encontrar o utilizador e continuidade da recolha de dados. Os sensores são dispositivos que também permitem recolher dados mas que podem tornar-se intrusivos (sensor de batimento cardíaco, câmaras de filmar).

2.3.1 Potencial para aprendizagem

A capacidade destes sistemas em captar as interações dos utilizadores em tempo real permite ter a capacidade de uma constante aprendizagem, como visto anteriormente. A área dos sensores permite que a informação seja disponibilizada a todas as pessoas como um simples modo de consulta (por exemplo o tempo no telemóvel) ou até para a realização de trabalhos (conceito de prova em teorias).

Não é só o sistema que tem a vantagem de aprender, o que é realmente importante, mas o Ser Humano também aprende. Isto é, estas abordagens permitem aos próprios cientistas analisar dados num contexto real do problema e desenvolverem teorias baseados nesses factos. Na perspetiva dos utilizadores a aprendizagem também é possível porque os próprios alunos terão acesso a essa informação de modo a desenvolverem as suas habilidades de análise e crítica.

A criação de ambientes inteligentes veio então permitir através de várias formas ajudar o utilizador a focar-se na sua tarefa e fazer o que realmente importa, que é aprender.

2.3.2 Sensibilidade do contexto

A constante deslocação pedida pela agitada vida que as pessoas vivem nos dias de hoje leva a computação ubíqua a gerir uma enorme quantidade de informação. Contudo, esta informação deve ser entregue na forma correta, no tempo exato e quando é realmente necessária. Então, se for possível reconhecer aos dispositivos o local e o ambiente onde o utilizador se encontra, este poderia disponibilizar a informação necessária no momento oportuno. Esta é a chave para que o sistema, até então escondido, possa atuar de forma objetiva. Esta

capacidade de adaptação das suas respostas dependendo de várias características torna-o um sistema capaz de aprender.

Se o sistema é então capaz de perceber o que o utilizador necessita através da descoberta no meio envolvente e atua de forma deliberada, o utilizador não necessita de interrogar ou interagir com o mesmo. Isto liberta tempo e preocupações ao utilizador que pode assim focar-se no mais importante, aprender.

2.3.3 Sensibilidade social e emocional

Mais uma vez a computação ubíqua tem muita relevância para o tema porque criou a possibilidade de ver o mundo como um círculo de amigos chegados, isto é, as pessoas estão em constante contato social. Então se os dispositivos compreendessem que o utilizador está num exame, no cinema, na sua vida social, entraria num modo “silencioso” de modo a não perturbar a oportunidade de socialização. Quando o utilizador pegava no dispositivo este poderia voltar ao ativo, até lá estaria a deixá-lo socializar. Socializar é, e deve ser visto como tal, um modo de aprendizagem.

No que diz respeito ao sentido emocional pretende-se captar o estado emocional e a atenção/concentração do aluno. Ferramentas como a análise da voz, expressões faciais, condutividade da pele e monitorização do movimento do olhar permitem perceber o estado e receptividade do aluno. Deste modo, os sistemas de aprendizagem pretendem ser cada vez mais capazes de ajudar o aluno num determinado momento sem ser através de preferências do perfil ou estilos de aprendizagem.

Um professor tem a capacidade de perceber como é que os alunos estão a responder a determinado conteúdo, tanto na parte cognitiva, como na parte emocional e também na motivacional. Assim sendo, o professor pode adequar a forma de lecionar e apresentar os conteúdos para responder a determinadas características nos alunos que não sejam as mais desejadas. Em contrapartida, os sistemas de *e-learning* não possuem tal capacidade de adaptação e perceção. Posto isto, aliando a abordagem dos professores aos sistemas de *e-learning* seria uma mais valia para melhorar a eficácia destes sistemas.

Em suma, o potencial que a computação emocional traz até aos sistemas de aprendizagem é enorme, mudaria a forma como estes seriam capazes de ajudar os alunos nos momentos mais complicados.

2.3.4 Interação homem-máquina (HCI)

Apesar da grande evolução que a tecnologia vem apresentado ao longo dos tempos ainda são maioritariamente utilizados os periféricos mais antigos como o teclado e o rato. Apesar desta interação poder, por vezes, ser uma barreira para se tirar partido dos sistemas de informação, devido à possível falta de capacidades para executar eficientemente as ações desejadas. Houve então a necessidade e o desenvolvimento de outras tecnologias para ajudar essa falta de capacidade, tais como: reconhecimento de voz, reconhecimento gestual, o simples toque, reconhecimento através da escrita, reconhecimento através do olhar. Estas tecnologias não são mais utilizadas devido à atual falta de usabilidade ou eventualmente por baixar a produtividade.

Para a computação ubíqua o computador tradicional passa a estar envolvido com o ambiente, não é apenas uma janela para o mundo virtual. A interação apenas com o computador foi substituída por vários dispositivos e objetos espalhados pelo ambiente em vários locais. Nada melhor do que retirar a barreira que possa existir na interação com certos dispositivos por outros dispositivos que não necessitem sequer de interação para ajudar a pessoa. Isto leva a ponderar muito bem o próximo tema, salas de aulas inteligentes.

2.3.5 Salas de aulas inteligentes

Os sistemas de gestão de aprendizagem (LMS) conseguem ajudar os professores e instituições a gerir os conteúdos das aulas e publicá-los na internet. Outros produtos comerciais captam áudio e vídeo que podem ser usados também nas aulas para lecionar certas matérias, o áudio ajuda na oralidade e o vídeo pode ser usado para alunos ligados ao teatro ou à dança por exemplo.

Mais uma vez, tem-se apenas as tecnologias como auxílio à aprendizagem mas as salas de aulas não são inteligentes, é preciso dotá-las de inteligência. Assim sendo as salas de aulas devem ser capazes de captar e responder às necessidades de ambos, tanto alunos como professores. Portanto,

como em qualquer sistema inteligente é necessário que o ambiente tenha sensores, câmaras, microfones, colunas de som e atuadores controlados por agentes inteligentes. Isto possibilita ao sistema controlo do ambiente da sala de aula de modo a aplicar as melhores características que o ambiente necessita para melhorar o desempenho dos intervenientes (professor e alunos). Ligar ou desligar aparelhos, controlo da intensidade da luz e alerta para os níveis de ruído produzidos, são exemplos de uma sala de aula inteligente. Mas se a sala puder reconhecer o aluno e o professor mais interações seriam possíveis, levando os atuadores a focar-se na necessidade de cada um.

2.3.6 Ambiente inteligente no LMS

A universidade é um local que representa um ambiente variável, onde muitas pessoas interagem com muitos dispositivos e diferentes sistemas. Professores, alunos, pessoal da administração, o(a) bibliotecário(a), entre outros, precisam de aceder a informação de diferentes fontes mas que correspondam à sua necessidade. A visão de ambiente inteligentes enquadra-se normalmente neste cenário porque puxa até elas novas tecnologias e dispositivos. Com tudo isto, pode-se usufruir de todas as características que tanto o ambiente inteligente como os sistemas de gestão e aprendizagem possuem para atingir ainda melhores resultados. De seguida serão apresentadas as características que os sistemas de gestão e aprendizagem apresentam onde se pode explorar a visão dos ambientes inteligentes:

- O sistema de gestão de aprendizagem é utilizado não só no computador fixo mas também nos portáteis e telemóveis o que permite realizar experiências através de vários tipos de *hardware*. Note-se que, os ambientes inteligentes são construídos a pensar na utilização de dispositivos com arquiteturas e protocolos de comunicação inovadores;
- São parte do ambiente pois consistem em diferentes sistemas de informação, digitais e não digitais. Exige naturalmente a integração e comunicação com outros sistemas que pode ser melhorado com as soluções adequadas presentes nas ideologias dos ambientes inteligentes.
- Estes sistemas oferecem uma ampla gama de serviços e funcionalidades como: a criação de conteúdos, a partilha de informação, comunicação, entre outras. Os ambientes inteligentes usariam os sistemas de apoio à

decisão e sistemas baseados no conhecimento com a utilização adequada de estratégias educativas, sistemas de agendamento e/ou gestão inteligente dos recursos;

- É usado por grandes grupos de utilizadores com uma variedade que diferem nas suas preferências, interesses, objetivos, experiências e personalidades. Torna-se então um desafio personalizar as ferramentas e serviços, utilizar informação de contexto para efetuar uma personificação inteligente ou criar sistemas de monitorização para gerir os perfis dos utilizadores. O grande número de utilizadores e a sua diversidade será uma mais valia para os ambientes inteligentes porque recolhe uma grande quantidade de comentários (*feedback*) que ajudam a melhorar outras aplicações.

Em geral, os sistemas de gestão de aprendizagem providenciam serviços em qualquer sítio e a qualquer momento. A interação entre as pessoas e estes sistemas consiste num conjunto de atividades que podem ser vistas numa perspetiva de ambiente inteligente. De seguida serão apresentadas as possíveis soluções para tornar os sistemas de gestão e aprendizagem inteligentes:

2.3.6.1 Identificação do utilizador

O processo de registo de atividade (*logging*) dos sistemas de gestão de aprendizagem é um modo de perceber quando é que o utilizador está presente no sistema. A identificação do utilizador num ambiente inteligente passa por recolhê-la através do reconhecimento facial, vocal, biométrico ou através de dispositivos de RFID, entre outros. Este processo precisa de carregar toda a informação do perfil desse utilizador para se adaptar à tarefa que pretende realizar. Por fim, quando o utilizador abandona a aplicação, guarda a informação necessária desta sessão para atualizar o seu perfil.

2.3.6.2 Contexto e monitorização

É preciso apresentar os conteúdos presentes no sistema, para tal é necessário que sejam carregados os dados do perfil do utilizador, as suas preferências e hábitos, bem como ter em conta o dispositivo de onde está a ser

acedido. Os aspetos que devem estar presentes para num serviço baseado no contexto ser capaz de personalizar a apresentação do conteúdo são:

- Reconhecer e interpretar as necessidades de informação e conhecimento dos indivíduos;
- Atualizar o perfil dos utilizadores dependendo da informação e conhecimento necessário, que pode ser novo ou que se tornou desnecessário;
- Personalizar a informação e o conhecimento e apresentá-la ao utilizador de acordo com as preferências de idioma e formato dado, incluindo a tradução automática opcional;
- Trocar dados com sistemas remotos e recursos externos, relacionados com as restrições de segurança e privacidade de ambos os lados de sistemas de comunicação.

2.3.6.3 Aplicação de novos princípios de programação

Um dos princípios dos ambientes inteligentes é serem omnipresentes, invisíveis e estarem continuamente a monitorizar os seus utilizadores. A partir dessa monitorização é criado um enorme conjunto de informação (*terabytes*) que é necessário guardar e processar. Existe a necessidade de utilizar algoritmos eficientes que consigam processar toda a informação que foi retirada do contexto do utilizador. Os princípios dos ambientes inteligentes devem possuir algoritmos que simplifiquem a flexibilidade de código de modo a permitir processamento distribuído e paralelo para lidar com a enorme quantidade de dados. Devem ser independentes o suficiente (da linguagem, compiladores, *drivers* e sistemas operativos) para que possam ser modificados e melhorados sem haver problemas derivados de eventuais dependências.

Com os sistemas de gestão e aprendizagem passa então a ser possível criar experiência com soluções direcionadas aos ambientes inteligentes, inicialmente com poucos alunos mas ir adicionando mais alunos e mais cursos de modo a testar os algoritmos.

2.3.6.4 Novos dispositivos

Os sistemas de gestão e aprendizagem utilizam vários equipamentos eletrónicos como os computadores, os servidores, projetores e impressoras.

Softwares criados a partir de aplicações de um ambiente inteligente monitorizam e acedem às suas funcionalidades e, portanto, conseguem controlar a comunicação e otimizar o consumo de recursos. Para tal é necessário a integração destes softwares num servidor centralizado, o que pode não se tornar barato para algumas instituições. Novos dispositivos com novas formas de comunicação terão assim uma forma mais fácil de interoperabilidade. Assim é possível criar aplicações, a partir desta centralização, para as universidades que possibilitem aos seus alunos, por exemplo, imprimir trabalhos a partir até dos seus telemóveis.

2.3.6.5 Interfaces inteligentes

A interface é o aspeto mais importante no sistema de gestão e aprendizagem. Inteligente e "amiga" do utilizador, as interfaces que podemos utilizar intuitivamente são o maior desafio para a pesquisa dos ambientes inteligentes. Os utilizadores vivem desde um mundo onde estão simplesmente sentados à frente de um computador, onde estes trabalham e resolvem problemas num ambiente cheio de interfaces incorporadas de vários níveis de inteligência, até às interfaces tridimensionais (3D), ou seja, mundos virtuais. A evolução dos sistemas de gestão e aprendizagem beneficiam com tudo isto, claramente. Foram criados vários sistemas tridimensionais, muito complexos e com uma interface de inteligência avançada. Como por exemplo, um sistema que dá a possibilidade de visitar outros mundos, criados por outros utilizadores, em 3D. Esse sistema é uma comunidade de milhares de utilizadores que podem conversar e construir ambientes de realidade virtual 3D, com milhões de quilómetros quadrados de território (virtual). Isto, certamente, pode ser considerado um exemplo interessante de uma interface inteligente em 3D para a evolução destes sistemas.

2.3.6.6 Comunidade e suporte

Os utilizadores dos sistemas de gestão e aprendizagem são uma espécie de comunidade da internet. Os alunos destes cursos online não precisam de conhecer o seu professor e partilham interesse no mesmo domínio em estudo, eles trocam ideias em discussões, em fóruns e através de mensagens instantâneas. Os ambientes inteligentes são uma abordagem que vem melhorar

a vida do indivíduo, mas também vem facilitar a comunicação e melhorar os contactos interpessoais.

2.3.6.7 Objetos de aprendizagem inteligentes

A aprendizagem num ambiente inteligente ocorre em vários contextos diferentes, para os sistemas de gestão e aprendizagem evoluírem é necessário direcionarem-se para o contexto do utilizador (tanto pessoal como do ambiente). O aluno pode interagir com uma parte do conhecimento, da comunicação ou colaborar com outros alunos, utilizando um caminho de aprendizagem específico. No sistema de gestão e aprendizagem os objetos de aprendizagem são peças coesas de material, normalmente armazenado numa base de dados. Com base nisto, com o aumento da inteligência incorporada são criados novos tipos de objetos de aprendizagem úteis. A utilização de objetos de aprendizagem, como os presentes em museus ou exposições, podem ser usados em benefício dos sistemas de gestão e aprendizagem. Por outro lado, a ideia de objetos de aprendizagem colaborativa, ou seja, objetos capazes de comunicação mútua, capacidade de adaptação ou de auto-organização, parece ser bastante interessante também.

2.3.6.8 Sistema de ficheiros

Para armazenar todo o conteúdo educacional os sistemas de gestão e aprendizagem estão organizados através de pastas e ficheiros. Alcançar um sistema bem organizado e proporcionar a sua manutenção é uma tarefa muito difícil. O conceito de sistemas de ficheiros invisíveis minimizaria a necessidade de saber onde estão alojados todos esses conteúdos, precisariam de construir e partilhar siglas e nomes de arquivos. Os utilizadores que acedem ao sistema de gestão e aprendizagem, a partir de diferentes dispositivos, devem conhecer a mesma organização de conteúdo digital.

2.3.6.9 Problemas de privacidade

A segurança e a privacidade são muito importantes onde quer que os dados sobre os indivíduos sejam recolhidos e tratados. Nos sistemas de gestão e aprendizagem, os dados pessoais, juntamente com os resultados do estudo, são armazenados para estar à disposição dos professores e pessoal administrativo. São necessários novos métodos para proteger os dados nos

ambientes inteligentes e a pesquisa deve ser uma das suas maiores prioridades. Nesse sentido, os resultados significativos podem contribuir para a construção de confiança nas novas tecnologias entre os seus potenciais utilizadores.

Em suma, a noção de ambientes inteligentes, quando no contexto de *e-learning* é muito importante. Faz ser possível resolver muitos constrangimentos que as plataformas de *e-learning* têm, nomeadamente as relacionadas com a personalização e monitoração. Inteligência ambiente surgiu como a ferramenta certa para resolver estes problemas, e uma visão de tal ambiente *e-learning* inteligente é proposto.

3 E-learning

Aprender pode ser muito mais que simplesmente estar numa sala de aula e ouvir o professor a explicar a matéria, pode e deve ser visto como a ação mais importante da vida. Os computadores são a prova que aprender não tem que ser visto como um ato aborrecido (por alguns), mas sim que existem diversas formas de se ensinar o mesmo conteúdo.

Se existiam dúvidas que os computadores trariam benefícios para uma integração na área da educação, elas deixaram de existir durante a década de 90. Estudos provam que depois de realizados vários testes em várias escolas, os alunos apresentam melhores resultados nas provas a que foram submetidos quando realizadas em computador [24]. Mas para que tal seja possível é necessário ter objetivos de aprendizagens bem especificados, senão se pode não tirar partido da tecnologia.

Desde há muito tempo atrás já se falava sobre ensinar ou aprender à distância, com os computadores e posterior aparecimento da internet a ideia estava a ganhar cada vez mais fundamento. O termo a ser descrito surgiu do estudo e desenvolvimento do tema ao longo dos tempos, acabando por ser intitulado de *e-learning*.

A criação deste termo sofreu várias modificações desde o seu começo, os tempos passavam e o próprio termo ia sendo adaptado à atual realidade. Divide-se fundamentalmente em 4 partes:

- O professor *Caleb Phillips* [25] em 1726 deu início ao que muitos intitulam de aprendizagem à distância onde afirma: "... *qualquer pessoa neste país, desejoso de aprender esta arte, pode, tendo várias lições enviadas semanalmente para eles, ser perfeitamente instruído, como aqueles que vivem em Boston.*". Queria que fosse possível fazer chegar a casa das pessoas lições, de forma a instruir as mesmas com melhores conhecimentos, de como aprender uma determinada arte ou ofício.
- A colocação da ideia em prática, pela primeira vez, foi realizada por *Charles Toussaint* e *Gustav Langen scheidt* surgiu em 1856, passado mais de 1 século, mesmo que ainda só numa instituição. Criaram uma escola de línguas e a comunicação através do professor-aluno era realizada através de carta [1856];

- O surgimento de redes de transporte entre cidades, tanto a nível nacional como a nível internacional trouxe um novo rumo à forma de ver a educação à distância, mas ainda não era suficiente para impulsionar a ideia de forma global e com base de sustentação;
- Por fim, os desenvolvimentos tecnológicos que permitiram o aparecimento das tecnologias da informação e comunicação (internet, por exemplo). A integração de vários recursos tecnológicos permitiu impulsionar o conceito a uma grande escala e capaz de ser adotada globalmente.

Definições foram surgindo ao longo deste percurso como: aprendizagem à distância (*Distance Learning*), aprendizagem eletrônica (*e-learning*) ou aprendizagem pela internet (*online learning*).

A aprendizagem à distância, impulsionada como referido anteriormente por *Caleb Phillips*, é um método de ensino onde o professor e o seu aluno estão separados através do meio físico. O aluno pode aprender a matéria lecionada pelo professor em sua casa sem fazer qualquer deslocamento. Em tempos antigos as pessoas não tinham como se deslocar para ir à escola aprender, mas hoje em dia tendo essa capacidade, a aprendizagem à distância é uma mais-valia para desenvolver as capacidades do aluno, para diminuir os custos e até mesmo para as pessoas com deficiência motora.

Online learning é definido por: “A atividade da aprendizagem estruturada utiliza as ferramentas e recursos baseados na tecnologia intranet/internet como método de instrução, investigação, avaliação e comunicação.” [26].

E-learning foi definido pelo seu grande pioneiro, *Elliott Masie* em 1997, nos primórdios do surgimento do termo como: “...o uso das tecnologias de redes para projetar, fornecer, selecionar, administrar e ampliar a aprendizagem.” [27].

Jay Cross em 1998, definiu o termo como sendo: “*eLearning* é aprender no tempo da internet, é a convergência da aprendizagem e as redes. *eLearning* é a visão do que as corporações se podem tornar. *eLearning* é para o treino tradicional como *eBusiness* é para o negócio.” [27].

É de referir também que a letra ‘e’ significa eletrónico, sugerindo uma aprendizagem através dos dispositivos eletrónicos desenvolvidos ao longo do tempo, que vão desde o computador até à utilização da internet.

Online learning e *e-learning* são os dois termos que geram controvérsia na comunidade científica porque para alguns os termos significam as mesmas

coisas (são iguais) e para outros nem por isso [28]. Como se pode constatar, *e-learning* e *online learning* são dois conceitos que se unem num só, isto porque a utilização das ferramentas de aprendizagem está inserida em sistemas globalmente distribuídos, consequentemente através da internet. Pode-se então dizer que *online learning* está inserido no *e-learning* pois a internet funciona sobre os meios eletrónicos, dando assim origem ao termo *blended learning* (Aprendizagem misturada).

Blended learning é então o termo criado e utilizado para descrever o método utilizado no processo de aprendizagem onde esta é realizada através de aulas lecionadas por um professor e que têm também a vertente *online* para o aluno utilizar. Esta abordagem traz às instituições a possibilidade de ensinar os alunos tanto nas suas instalações como fora delas, ajudando a instituição a reduzir custos.

A Figura 4 apresenta as formas adotadas para conseguir aprender dependendo da escolha abordada pela instituição ou pela escolha do próprio aluno.

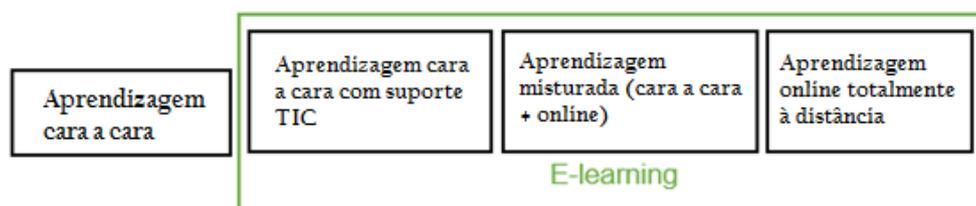


Figura 4 - Diferentes formas de aprendizagem

Além da forma de aprendizagem básica, na sala de aula, destacam-se as três inseridas dentro do *e-learning* e, é nelas que esta secção se foca. Pode afirmar-se que a própria evolução do *e-learning* provém da passagem por todas estas fases. Inicialmente utilizou-se as tecnologias da informação e comunicação para apoiar os professores durante as suas aulas, passando por uma mistura entre a aprendizagem na sala de aula e também em casa. Por fim, ter a possibilidade de aprender completamente pela internet sem precisar de se deslocar a uma sala de aula ou, mesmo, contactar com um professor.

3.1 Evolução

O século XX foram, sem dúvida, os anos de grande evolução em vários aspetos, a tecnologia deu o seu grande avanço e com ela as outras áreas

acompanharam essa evolução para crescerem também. O *e-learning* como já vimos foi criado ao longo do tempo, o que se pensava séculos atrás tornou-se possível com a evolução das tecnologias de informação levando a realizar o que apenas eram sonhos. De seguida, ir-se-á enumerar e apresentar mais detalhadamente o que realmente aconteceu para que esses sonhos se tornassem realidade [29].

Em 1924 é criada a primeira máquina de teste, o professor *Sidney Pressey* da universidade do estado de Ohio, chamada de *Automatic Teacher* que veio a ser um grande fracasso. Esta máquina era semelhante, em tamanho, a uma máquina de escrever onde existiam apenas 5 botões para a pessoa escolher qual a resposta correta a cada questão. A máquina possuía dois modos: o modo de teste onde é apresentada a pergunta e as respostas e o utilizador escolhe apenas a sua resposta. No final a máquina contava o número de resposta corretas e apresentava-o na parte traseira; um modo para aprendizagem onde a pergunta seguinte só aparecia quando a pessoa respondesse corretamente à questão que estava a ser sujeita, neste caso o contador contava todas as tentativas efetuadas. [30]

Em 1954 o professor BF Skinner da universidade de Harvard criou a *Teaching machine* para uso nas escolas. Esta máquina diferencia-se da de *Sidney Pressey* porque quando o aluno errasse a resposta era apresentada a resposta correta e era também apresentada a matéria escolhida de forma a explicar essa mesma resposta, isto porque Skinner defendia que os alunos aprendessem e não que estivessem sempre a tentar até acertar. Defendia que não deviam ser apresentadas respostas predefinidas e pretendia que a pessoa pudesse escrever a resposta manualmente. A informação apresentada por esta máquina deve ser bem pensada, de acordo com a capacidade que o aluno já possui acerca da matéria, e a sequência dessa mesma informação deve ser muito bem estruturada também. [31]

Em 1960 é criado o PLATO (*Programmed Logic for Automated Teaching Operations*) criado para os alunos da universidade de *Illinois* mas que entretanto também foi aceite e usado por escolas em toda a parte. Esta máquina foi o primeiro computador baseado em treino (CBT) e já tinha a capacidade de passar perguntas à frente. CBT, *Computer-Based Training*, é um programa de software, ou máquina, que tem como função ensinar passo-a-passo as pessoas (através

de exercícios, questões ou matéria) determinado conteúdo. Aquando do seu aparecimento estava integrada numa única máquina construída apenas para aquela finalidade. Ao longo do tempo esta forma de ensinar foi se adaptando e nos dias de hoje está visível por toda a internet, sendo um negócio para muitos. Quando criada custava na altura a quantia de doze mil dólares, em contrapartida hoje existem alguns cursos grátis que usam esta técnica. [32]

Em 1966, os professores *Patrick Suppes* e *Richard C. Atkinson* da universidade de Stanford começaram a usar *Computer-Assisted instruction* (CAI) para ensinar matemática e ler aos seus alunos. Bernard Luskin uniu-se à universidade e ajudou a implementar o primeiro computador com este sistema para uso institucional. CAI é tal como o CBT um programa de aprendizagem onde o aluno interage com o computador de forma a aprender determinada matéria ou melhorar o conhecimento sobre certa matéria. Esta forma de aprendizagem trouxe novas formas de ensinar, tais como: tutoriais, jogos, simulações, resolução de problemas e a prática de exercícios para consolidação de conhecimentos. [33]

Em 1969, o departamento de defesa dos estados unidos cede o ARPANET (*Advanced Research Projects Agency Network*) para a criação da internet. Este é o primeiro grande passo para o que realmente se chama nos dias de hoje e-learning, pois com a internet iria-se ter a capacidade de se interagir através de dois pontos distantes. O ARPANET foi a primeira rede operacional de computadores através do qual eram trocados pacotes de informação entre os computadores de modo a existir comunicação entre dois pontos distintos.

Logo no ano seguinte, em 1970, foram criados o rato e as GUI (*Graphic Unit Interface*) que não são mais que o ambiente gráfico que hoje é usado em qualquer computador. A partir desta criação é chamada a era moderna da computação. As GUI, utilizadas e essenciais nos dias de hoje foram uma mais-valia para o desenvolvimento dos vários programas, além de se conseguir apresentar a informação de forma mais atrativa, esta também era melhor estruturada e apresentada.

Na década de 80, a Macintosh ou Mac, conhecido nos dias de hoje como Apple, criou o primeiro computador pessoal. Com a oportunidade de cada pessoa ter um computador nas suas habitações e não precisar de uma divisão

inteira para o guardar, o que vinha a ser o caso até então, surge o primeiro grande passo para se conseguir comunicar à distância englobando mais utilizadores. E assim se iniciou, ainda que lentamente, a partilha de informação entre comunidades através de *e-learning* existente.

Na década de 90, surgiu o aparecimento da era digital para o *e-learning*, o termo ganha força e são criados os primeiros sistemas virtuais de *e-learning* deixando de ser realizado apenas através do email. É nesta década que existe uma grande mudança devido principalmente ao termo ter ganho força pelo mundo fora.

Na primeira década do novo século, anos 2000 e depois da força ganha pelo *e-learning* as empresas começam a aposta nesta vertente para levar os seus empregados a outros patamares. Nesta altura vive-se uma época totalmente propícia à utilização deste tipo de ferramentas por parte das empresas. Tanto o computador já tinha evoluído bastante, como a internet já chegava a uma grande parte da população mundial e os próprios sistemas de *e-learning* também já tinham dado o salto necessário para proporcionar às empresas a capacidade de os utilizar para esses fins tão benéficos como o melhoramento da capacidade dos seus trabalhadores. Através destes cursos os empregados aprendiam, por vezes sozinhos e outras não, as técnicas e o conhecimento requerido para entrar numa empresa ou melhorar a sua prestação de serviços.

A próxima década ainda assim trouxe ainda mais surpresas com o aparecimento das redes sociais, a criação de plataformas como o *Youtube*, *Massive Open Online Courses (MOOCs)*, *twitter* e até o *Skype* trouxeram uma nova forma de ver o *e-learning*. A forma como as pessoas interagem torna-se uma forma de partilhar informação e conhecimento e aprender entre si.

Serão apresentadas de seguida algumas das vantagens e desvantagens que o *e-learning* trouxe após o seu aparecimento.

3.2 Vantagens e desvantagens

O *e-learning* trouxe vários benefícios [34] para todos os que querem aprender, tais como:

Tempo inteiro – Permite ao estudante utilizar a ferramenta ou conteúdo a qualquer hora do dia e em qualquer dia da semana. Apenas havendo a barreira do fuso horário caso pretenda comunicar com o professor ou com um grupo de trabalho caso estes se apresentem num país com fuso horário diferente.

Qualquer sítio – Acesso à ferramenta e conteúdos disponibilizados em qualquer lugar onde se encontre, tanto no local de trabalho como em viagem. Facilita a aprendizagem porque mesmo distantes, aluno e o professor podem manter-se em contacto.

Interações assíncronas – Se na aprendizagem cara-a-cara as conversas decorrem normalmente, as respostas entre os intervenientes são imediatas e não são pensadas da melhor forma por vezes, com o *email* as conversas não têm de seguir esse formato. Os intervenientes têm mais tempo para construir as suas respostas de forma a serem mais construtivas e criativas.

Colaboração – A criação de grupos de mensagens *online* são uma parte importante para os grupos de trabalho. Comparado com as conversas de voz, estas são permanentes e assim qualquer dúvida tirada anteriormente pode ser relida mais tarde por alunos com problemas iguais ou idênticos. Normalmente as pessoas com mais experiência são aquelas que ajudam os alunos nas suas dificuldades, existe uma aprendizagem por entreajuda.

Simulações e jogos – Os jogos são uma atividade que melhora a capacidade de aprendizagem dos alunos, proporciona uma melhor captação e consistência da informação recolhida pelos mesmos. Esta forma de tentar ensinar as pessoas é uma boa opção de escolha devido à motivação que cria na cabeça dos alunos. As pessoas são mais suscetíveis a divertir-se a jogar do que estar a ler páginas e páginas de texto, os jogos são muitos mais interativos e dinâmicos.

Mas nem tudo se pode ver como vantagens ou melhorias para a vida do aluno, se bem analisado também existem as suas desvantagens/riscos [35], tais como:

Isolamento – Este é o principal medo presente na cabeça das pessoas, isto porque ao longo dos anos fomos caminhando para uma geração tecnológica e agarrada ao computador. Deve se ter em conta obviamente este tipo de problemas mas isto não é bem uma verdade, porque nem sempre se chega a estes casos extremos de isolamento. Cada caso é um caso e deve ser

atentamente seguido, é possível acontecer mas não é tão normal quanto a população se preocupa.

Social – Com a utilização destes sistemas as capacidades de aprendizagens são melhoradas mas é necessário ter atenção a aspetos sociais. Ferramentas de *e-learning* levam até ao aluno uma panóplia de formas de comunicar, isso por si só é uma possibilidade para socializar com outras pessoas mas é bem visível que as interações presenciais são de grande importância para o Ser Humano. Esta vertente deve ser tomada em conta mas mais uma vez fica ao encargo da responsabilidade do próprio aluno.

Saúde – Este tópico está muito ligado aos dois anteriormente descritos. A saúde mental e física do aluno pode ser degradada caso se chegue a casos extremos como os referidos. Podem apresentar várias deficiências: a nível físico devido a más posturas, desenvolvendo problemas a nível de articulações; a nível mental devido à falta de capacidade para lidar com pessoas e possíveis problemas mentais advertidos da falta dessas interações.

Existem outros pontos além dos enumerados que se tornam uma desvantagem para este tipo de sistemas, tais como: o elevado custo do desenvolvimento e colocação em funcionamento; podem surgir dificuldades de adaptação ao sistema por parte do aluno; maior dificuldade em motivar os alunos; e também a possibilidade de ver o acesso restrito ao material caso se encontre sem acesso à internet.

É, portanto, visível que a aprendizagem à distância nos dias de hoje não é utilizada como se pensou nos primeiros tempos, mas sim como uma ferramenta de apoio aos docentes e alunos. Os alunos continuam a apresentar-se às aulas, mas o *e-learning* permite minimizar os custos e ao mesmo tempo maximizar o aproveitamento das novas tecnologias como motor de impulsionamento para uma melhor forma de aprendizagem.

Aprender à distância já é uma atividade simplesmente banal nos dias que correm, a grande utilização da internet levou-nos a criar rotinas que simplesmente não as faríamos sem ela (para alguns). Isto é, algumas pessoas não se interessavam em comprar o jornal para ler as notícias, mas agora têm uma gigantesca quantidade de informação até na palma da sua mão, que estão constantemente a consultar. Vive-se a era das novas tecnologias e assim se espera que continue.

Em suma, hoje em dia vive-se num mundo do 'e', onde os equipamentos eletrónicos junto com as redes proporcionam uma virtualização do que se fazia anteriormente presencialmente. As ferramentas de *e-learning* são uma mais-valia para uma sociedade dependente dos transportes, ainda para mais quando eles se tornam muito dispendiosos. Sem deixar de pensar que além de dispendiosos trouxeram a proximidade entre professor-aluno que leva a um melhor acompanhamento.

3.3 E-learning em Portugal

Em Portugal existe uma panóplia de sistemas de gestão de aprendizagem para suportar a aprendizagem à distância (Figura 5 [36]), onde o *Moodle* é líder. Nesta secção iremos abordar o *Moodle* e o *Blackboard* como exemplo de um sistema proprietário.

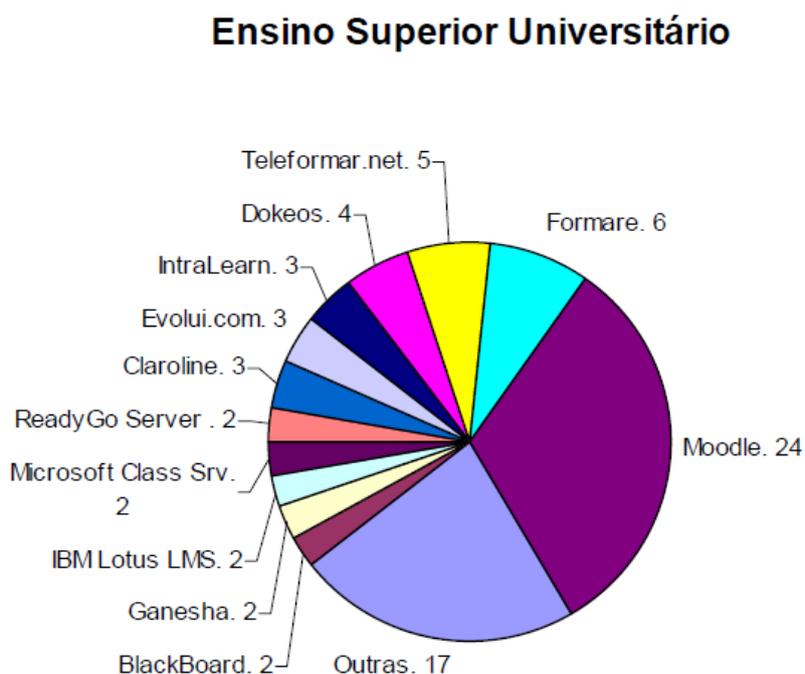


Figura 5 - Distribuição dos sistemas de gestão de aprendizagem em Portugal

3.3.1 Moodle

Moodle [37] significa *Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment* (Ambiente de Aprendizagem Dinâmico Modular Orientado ao Objeto). É um projeto aberto e gratuito desenvolvido para seguir uma filosofia

construtivista social de educação. Isto é, definir os objetivos e as metodologias a seguir, apresentar uma comunidade forte onde a partilha de experiências é essencial e com a finalidade de ser didático e flexível.

A filosofia do *Moodle* é descrita em apenas três palavras “pedagogia sócio construtiva” que se resume em 4 temas, sendo eles:

Construtivismo – Este termo significa, no ponto de vista construtivista, que as pessoas constroem o seu conhecimento enquanto interagem com o meio que as rodeia. Tudo o que se lê, vê, sente e ouve-se, é testado pelo conhecimento que já possuímos do passado e possivelmente adicionado ao nosso conhecimento. Isto é, não somos apenas uma memória, não guardamos aquilo que lemos só porque o lemos, mas sim que interpretamos à nossa maneira essa informação (por exemplo, quer ou não guardar).

Construcionismo – Assume que a aprendizagem é mais eficaz quando construímos alguma coisa para os outros. Isto pode ser, por exemplo, uma simples frase, um texto, um desenho ou *software*. Quando lemos um artigo não é sinónimo de memorizarmos o seu conteúdo mas se nos for pedido que o expliquemos por palavras nossas, mais informação será retirada na nossa memória mesmo que ela desapareça passado uns tempos.

Construtivismo social – Sendo este um subtópico do construtivismo, este refere-se à aprendizagem que o indivíduo obtém através de interações num determinado grupo, na socialização.

Comportamentos – O comportamento divide-se em três tipos: o comportamento separado que é quando uma pessoa é objetiva e utiliza argumentos de forma a defender o mais possível a sua ideia, tentando apenas encontrar no discurso da outra pessoa “buracos” para conseguir fazer prevalecer a sua ideia; o comportamento conectado é onde as pessoas já aceitam a subjetividade, tentando ouvir e perceber o ponto de visto da outra; o comportamento construído é quando a pessoa confrontada com duas soluções consegue avaliá-las e escolher a melhor para a situação em que se encontra.

A comunidade é a verdadeira razão que faz do *Moodle* a melhor plataforma. Ser aberto e gratuito traz para a plataforma a proximidade de todas as pessoas ao redor do mundo tanto para esclarecer dúvidas, as opiniões e necessidades de todos os utilizadores são consideradas como fundamentais para a construção de próximas versões e, sem menos relevância, os

desenvolvedores terem acesso ao código permite a criação de módulos para ajudar a melhorar a plataforma. A figura 6 apresenta as estatísticas em finais de 2014 [38].

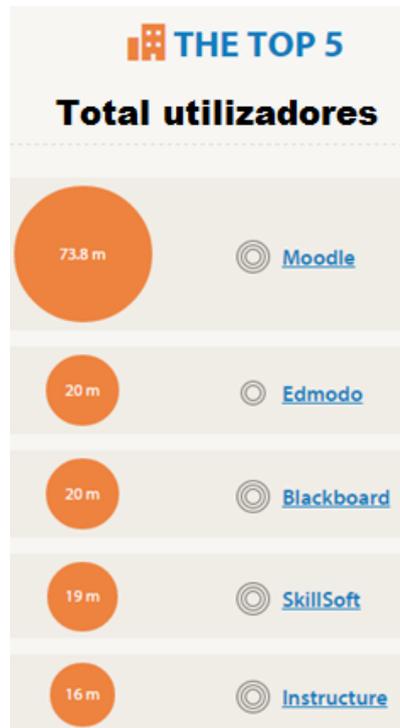


Figura 6 - Liderança Moodle

Ao longo dos anos houve uma grande adesão e utilização desta plataforma como apresenta a Figura 7 [39]:



Figura 7 - Crescimento Moodle

Comparando os resultados presentes na Figura 6 com os resultados presentes na Figura 7 [40], pode-se constatar que está a registar-se um decréscimo, ainda que ligeiro, no número de páginas web registadas. Mas, isso não significa que estejamos perante uma nova tendência, até porque o número de utilizadores continua a aumentar. Está-se na presença de uma utilização mais institucional, onde agrupa mais utilizadores perante o mesmo registo.

Sites registados	51,966
Países	229
Cursos	7,323,363
Utilizadores	67,827,330
Matrículas	146,526,904
Forum posts	133,162,421
Recursos	66,527,262
Perguntas de teste	266,278,296

Figura 8 - Estatísticas 2015

3.3.2 Blackboard

É um sistema de gestão de aprendizagem tal como o *Moodle*, mas não é aberto nem gratuito e sim pago.

O principal objetivo desta empresa [41] é criar uma nova forma de aprender e não criar novos produtos para complementar a aprendizagem. Tem como ideal a frase: “*Se não estamos a aprender alguma coisa nova todos os dias, não estamos a avançar.*”, isto é, aprender para evoluir enquanto pessoa.

Além de não ser líder, nos dias de hoje (figura 9), de mercado dos sistemas de gestão de aprendizagem encontram-se distribuídos por 100 países diferentes servindo mais de 19000 clientes e 1900 instituições.

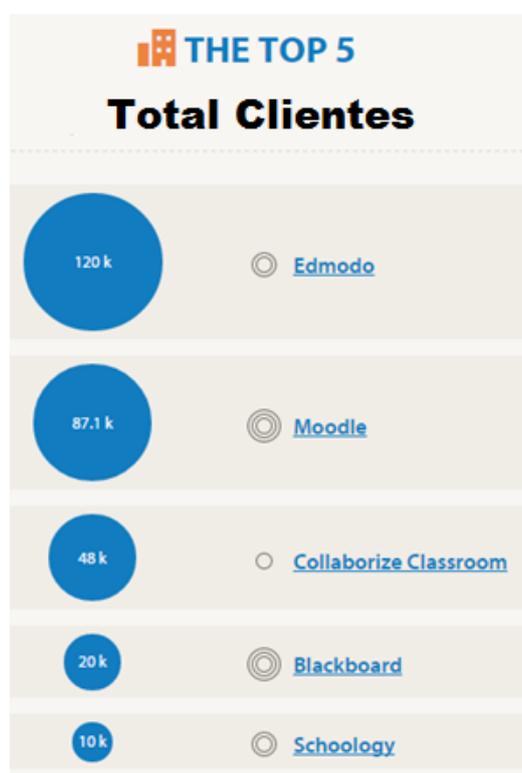


Figura 9 - Preferência dos clientes

O ano de 2008, foi o ano fatídico para o *Blackboard* que vinha até então a liderar o mercado, sendo ultrapassado, ainda que ligeiramente, pelo rival *Moodle* (Figura 10). No ano seguinte pode verificar-se que a desvantagem cresceu ainda mais para números bem maiores, passando de uma diferença de apenas 1.4% para 7% de diferença. Esta “ultrapassagem” é verificada com a consulta da imagem 7 que apresenta o grande crescimento do *Moodle*.

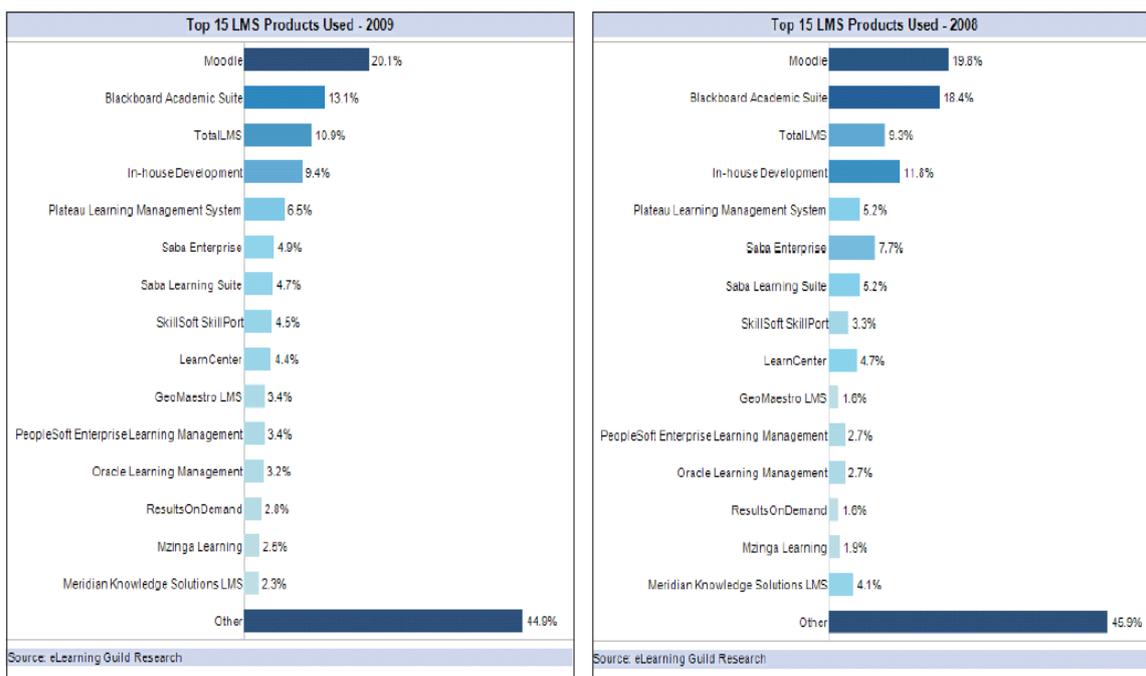


Figura 10 - Comparação dos sistemas de gestão de aprendizagem

O *Blackboard* sofreu esta grande perda devido ao grande aumento do número de interessados em investir na área dos sistemas de gestão de aprendizagem. Com um rival a oferecer as mesmas funcionalidades e sendo gratuito, a grande parte das empresas e instituições começou a interessar-se pelo *Moodle*.

Hoje em dia o *Blackboard* continua a ser uma entidade credível e utilizada mas não obtém a liderança. Continua a apresentar melhoramentos e acompanhamento da evolução dos sistemas, mas não apresenta as funcionalidades que o *Moodle* já apresenta.

3.4 Futuro

É perceptível através dos estudos [42] que mesmo no mundo empresarial o crescimento e a importância dada aos sistemas *e-learning* foram e são relevantes para o crescimento das empresas. Pode-se verificar um grande aumento da utilização destes sistemas num espaço de apenas 3 anos (47% começaram a utilizar), para mais de 3 anos já utilizavam 52%.

Na Europa ocidental, como presente na Figura 11 [43], o crescimento foi de 5.8% no ano de 2013 e confirma-se, comparando os valores gerados pelos sistemas que, as previsões já eram para continuar a aumentar. Tanto o nível

empresarial como o nível escolar são os responsáveis pelo impulsionar destes grandes números. Pequenas e médias empresas utilizam o *e-learning* para treinar e fazer os seus funcionários aumentarem as suas capacidades laborais. A nível escolar, estes sistemas associam-se a institutos, colégios e universidades para fazer crescer o negócio.

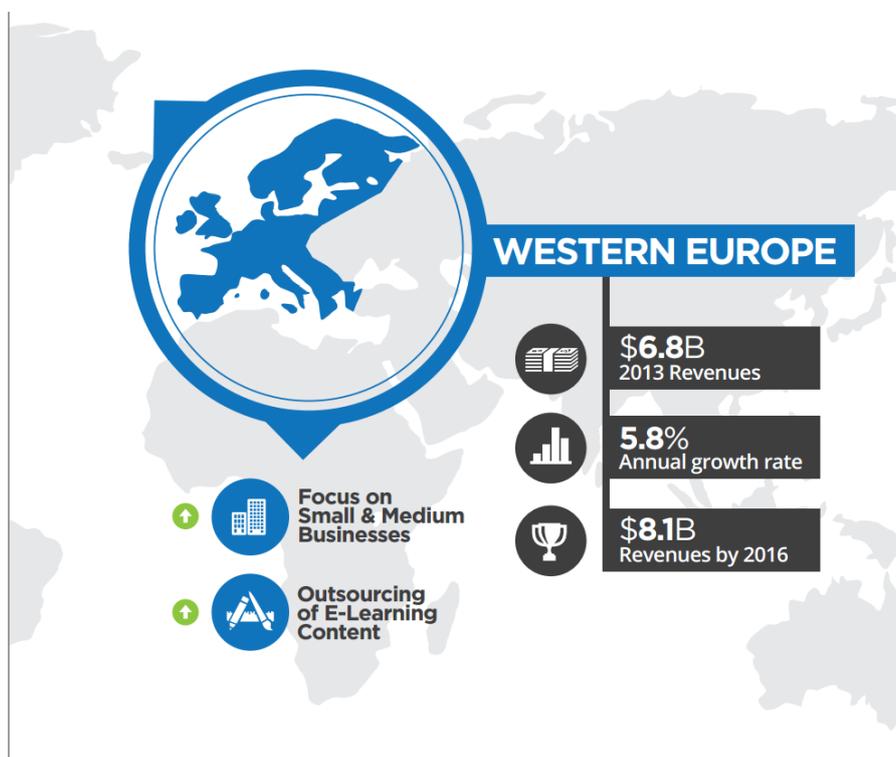


Figura 11 - Europa ocidental e-learning

Num contexto mais global pode-se constatar que a progressão tende a ser de um aumento da utilização destes sistemas como apresenta a Figura 12 [43]:

Mercado e-learning

	2013	2016
Total	40.605	51.172
América do norte	23.800	27.100
Europa ocidental	6.800	8.100
Europa oriental	729	1.200
Ásia	7.100	11.500
Médio oriente	443	560
África	333	512
América latina	1.400	2.200

Figura 12 - Crescimento dos sistemas de e-learning

A Figura 12 apresenta valores referentes ao ano de 2013 e previsões para o ano de 2016. É possível conferir que em todas as zonas continentais apresentam um acréscimo na utilização dos sistemas de *e-learning*. Além desse grande aumento verificado por todos no geral, a Ásia e os países da Europa oriental são zonas que se prevê um maior aumento.

É realmente uma área que se encontra ainda em expansão e crescimento tornando-se assim uma grande aposta. Aproveitando este desenvolvimento, o sistema proposto para melhorar a proximidade dos professores com os alunos utiliza o *Moodle* como meio auxiliar de recolha de informação. No próximo capítulo será apresentado o stress, a importância que tem, os seus estados, os diferentes contextos de recolha de informação e a forma como é recolhida a informação.

4 Stress e a sua Importância na Aprendizagem

O termo stress não é novo. Já há muito tempo se falava em stress, desde o século XVII que já se descrevia o termo como sendo um estado de tristeza, desconforto e adversidade. Passado uns séculos, já no século XIX reformulou-se o termo para uma grande influência exercida sobre um objeto ou pessoa [44].

Ao longo dos anos o termo foi aprimorado bem como a sua definição e as suas características e dividiu-se em momentos distintos: o estímulo e a reação. O estímulo diz respeito a todos as coisas que acontecem ao redor do indivíduo e que alteram o seu estado levando ao stress. A reação é a forma como o corpo do indivíduo reage, fisicamente ou psicologicamente, a todos os estímulos a que foi sujeito.

Em geral, o termo stress refere-se à pressão a que um indivíduo é sujeito para que este se adapte às exigências e às circunstâncias que o ambiente ao seu redor assim obriga. Além de existirem vários fatores que influenciam o indivíduo a entrar no estado de stress, apenas se considera stress quando o indivíduo deixa de ser capaz de lidar com a adaptação que o meio ambiente exige. Para que essa adaptação seja possível o indivíduo terá que usar as suas capacidades físicas, psicológicas e comportamentais para reagir ao meio envolvente de modo a evitar o estado de stress [45].

Os agentes agressores podem ser muitos e variados, físicos ou psicológicos. Em termos psicológicos as pessoas são afetadas e colocadas à prova a toda hora, por exemplo: durante a realização de um exame na escola; no relacionamento com as outras pessoas no dia-a-dia (relações sociais); alteração da sua vida como um divórcio, a morte de um ente querido ou até o despedimento. Em termos físicos os fatores que contribuem para o stress são a exposição a altas ou baixas temperaturas, altos níveis de ruído, o tempo de espera num congestionamento e até o facto de alguém estar constantemente a bater fisicamente numa pessoa. Os agentes agressores não podem ser vistos apenas como agentes negativos mas também como fatores que podem melhorar o rendimento ou estado de espírito da pessoa. Apenas quando se está sujeito em demasia a estes agentes é que se podem tornar em problemas mais graves

para a saúde da pessoa, tornando-se em problemas de ansiedade e em depressões como casos mais comuns [46].

Foram criadas teorias para perceber e explicar como é atingido o stress, tais como: a teoria do estímulo-padrão ou modelo baseado no estímulo; a teoria resposta-padrão ou modelo baseado na resposta; teoria do stress psicológico ou modelo baseado na transação.

A teoria estímulo-padrão, ou modelo baseado no estímulo, afirma que o stress é a interpretação de estímulos, pode ocorrer um ou vários acontecimentos na vida que desencadeiam reações normais e/ou psicológicas que aumentam a vulnerabilidade do indivíduo. Todos os estímulos são considerados positivos ou negativos para a escala do quanto stressado se encontra o indivíduo. Esta escala é construída a partir dos eventos que vão ocorrendo ao longo da vida e da interpretação que cada indivíduo dá ao estímulo. Contribui também para essa escala a idade, o ambiente socioeconómico e cultural em que o indivíduo está integrado.

A teoria resposta-padrão, também denominada por Síndrome da Adaptação Geral (GAS - *General Adaptation Syndrome*), foi desenvolvida por *Hans Selye* através de várias experiências realizadas em animais. Quando incididos estímulos (calor, frio, gases) prolongados nos animais era possível produzir efeitos comuns mas que não eram específicos para cada estímulo, havia variações para cada um deles mas também haveria respostas que eram “normais”. O exemplo mais óbvio é o do calor e do frio onde há, respetivamente, vasodilatação e vasoconstrição [47]. Esta teoria é, como o próprio nome indica, direcionada às respostas e por essa razão o stress é detetado a partir do comportamento que o corpo manifesta internamente. Segundo *Hans Selye* o corpo liberta hormonas que resultam na mudança estrutural e química do corpo. Foi a partir desta teoria que se regeram os investigadores seguintes para a análise e explicação do que se trata afinal o stress.

Neste padrão existem três estados [48] que dividem o stress: o estado de alarme, o estado de resistência e o estado de exaustão (Figura 13 [49]).



Figura 13 - Estado sobre stress

O estado de alarme é visto como um stress bom, é a fase onde o indivíduo é posto à prova relativamente a algum aspeto diferente ao seu redor e necessita de agir para conseguir dar resposta a este evento inesperado. Aqui o indivíduo ainda se encontra mais que capaz de reagir aos estímulos que o ambiente ou a tarefa lhe proporcionaram. É libertada adrenalina e o batimento cardíaco aumenta, o indivíduo foi colocado sobre uma pressão que ainda é apenas saudável e que se torna como uma motivação para reagir. Quando estamos a realizar um exame na escola e o tempo começa a escassear pode dizer-se que se está sobre um estado de alarme, sendo por isso o stress bom.

Quando chegado ao estado de resistência o indivíduo já sente os efeitos dos agentes agressores sobre o corpo, continua a ser capaz de resistir, mas já se encontra num estado de fadiga. A luta contra os agentes agressores começa a notar-se e o corpo da pessoa ressentir-se, através do enfraquecimento de algumas funções corporais, de onde advém a fadiga (por exemplo, muscular). Esta é uma boa altura para a pessoa “desistir” de resistir ao agente, se for o caso de um agente físico, e decidir-se a adaptar-se ao meio através da melhor solução possível. Por outro lado, pode “conquistar” a angústia ou sofrimento, se for o caso de algum agente psicológico (morte de ente querido), e ultrapassar a difícil situação em que se encontra.

No estado de exaustão o corpo do indivíduo já tentou adaptar-se à situação várias vezes e sem sucesso. Isto pode acontecer por várias razões, o indivíduo estar demasiado tempo sobre determinados agentes agressores ou até o próprio indivíduo não ser capaz de lidar com os agentes agressores fisicamente ou psicologicamente. Nesta fase o próprio corpo começa a falhar nas suas defesas internas, sistema imunológico, levando a um possível aparecimento de doenças, podendo-se tornar apenas psicológicas ou mesmo físicas.

É visível que à medida que a exposição aos agentes agressores se intensifica mais difícil e menos saudável é para o indivíduo poder lidar com a situação, o que pode ser uma simples motivação pode tornar-se num grave problema. Como já diz o ditado popular “um problema nunca vem só”, está-se a entrar numa espiral negativa que só traz mais problemas para o indivíduo.

A teoria stress psicológico segundo *Lazarus* afirma que as teorias anteriores carecem do facto de não explicar como é que a interpretação dos fatores ajudava um indivíduo a conseguir gerir o stress, mas que esses mesmos fatores não ajudavam outros indivíduos. Para ele as pessoas são vulneráveis e suscetíveis a determinados eventos bem como a interpretação e a resposta que dão aos mesmos. O importante para *Lazarus* então não é apenas os estímulos nem as respostas a esses estímulos por si só, aqui entra o processo cognitivo que cada indivíduo usa entre a receção do estímulo e a resposta. Assim sendo, toda a informação captada no dia-a-dia durante todo o processo de avaliação do estímulo, do ambiente envolvente e a resposta é denominada de processo cognitivo de avaliação. Este processo de avaliação é a análise e interpretação da informação através dos recursos disponíveis para tomar uma decisão e avaliar as várias formas de responder às exigências do ambiente. Nesta teoria tudo se baseia na capacidade do peso que os agentes exercem sobre o indivíduo e o próprio, através do processo de avaliação cognitivo e das suas capacidades, ser capaz de interpretar da melhor forma possível o ambiente.

4.1 A Influência do Contexto

O entorno ou as circunstâncias em que um determinado evento ou ocorrência toma lugar é conhecido como o seu *Contexto*. O contexto permite que um indivíduo entenda e interprete corretamente tal ocorrência. Tomando o campo da linguística como exemplo, o contexto pode referir-se ao conjunto de informação que é necessária para entender um texto na sua completude. Esta informação pode ser muito variada e incluir a identidade das coisas mencionadas no texto (e.g. pessoas, lugares) assim como muitos outros aspetos tais como datas de nascimento e localizações geográficas ou temporais. De facto, diferentes contextos podem fornecer interpretações completamente diferentes para o mesmo texto.

A importância do contexto vai mesmo ao ponto de moldar quem nós somos enquanto indivíduos. De facto, o conhecimento adquirido no constante processo de aprendizagem que é a nossa vida chega até nós com um forte contexto social, cultural e físico [50]. Este laço é tão forte que *cognição* não pode ser separada de *contexto*, i.e., *saber* é inseparável de *atividade*, *pessoas*, *cultura*, *linguagem* ou *tempo*.

Por estas razões não é incomum um indivíduo exibir diferentes processos cognitivos e de raciocínio em diferentes contextos: o contexto em que estes processos estão inseridos fornece os símbolos e valores que o indivíduo usa [51]. Portanto, nenhum indivíduo pode ser precisamente e absolutamente definido sem uma noção de contexto.

Apesar de o fazermos de forma inconsciente, nos processos de tomada de decisão do nosso dia-a-dia apoiamo-nos constantemente na análise de informação contextual. Fazemo-lo, por exemplo, para perceber o estado de espírito do nosso interlocutor numa conversa (através na análise da sua linguagem corporal ou expressões faciais), para distinguir entre uma piada inocente ou sarcasmo (através de variações na entoação ou da inflexão de determinadas palavras) ou para perceber o estado dos nossos colegas de trabalho (através da análise das suas interações connosco ou dos seus comportamentos). Este trabalho centra-se precisamente neste último tópico: a análise de informação de contexto para classificação do estado de um indivíduo no local de trabalho, especificamente em termos do seu nível de stress.

Existe atualmente uma crescente exigência para que o Ser Humano seja cada vez mais eficiente e ativo. Esta exigência é particularmente visível no local de trabalho, em que objetivos ambiciosos, competitividade e, em última instância, as consequências da crise económica, levam o indivíduo a trabalhar com mais afinco, durante mais tempo e num ambiente cada vez mais competitivo. A pressão que daí advém, que se pode estender por longos períodos de tempo, tem consequências negativas na qualidade de vida e saúde do indivíduo. De facto, os casos de cansaço ou depressão atribuídos a estes fatores não são incomuns e podem ser encontrados quase diariamente no nosso local de trabalho, no nosso círculo de amigos ou nas estatísticas nos jornais.

Contudo, as suas consequências têm impactos que vão para além do social ou pessoal. As consequências económicas, sobretudo para as empresas

e instituições governamentais, têm também que ser consideradas. De facto, muitos estudos avaliam custos derivados do absentismo, das perdas de performance e produtividade ou de períodos de baixa por doença, frequentemente consequência da pressão continuada no local de trabalho (ver, por exemplo, [52]; [53]; [54]. Assim sendo, seria expectável que empresas privadas e instituições governamentais tomassem medidas adequadas, se não por razões sociais pelo menos por interesse económico. A verdade é que, salvo algumas exceções, muitas destas instituições ainda se focam na perseguição cega de objetivos e indicadores de performance.

Uma das possíveis razões para esta inação poderá ser o facto de que as abordagens tradicionais a este problema, tal como descrito na secção seguinte, se apoiam ou em sensores fisiológicos ou em questionários, ambos com desvantagens significativas quando considerados num ambiente de trabalho real.

O estudo descrito neste documento visa o desenvolvimento de uma abordagem inovadora para o problema, que não se depare com tais desvantagens, i.e., o desenvolvimento de um método para a classificação do nível de stress de um indivíduo que seja não invasivo e não intrusivo, e, por conseguinte, que seja apropriado para ser usado numa ferramenta de e-learning. Para o conseguir, este estudo centra-se nos padrões de interação dos utilizadores com dispositivos tecnológicos. As principais questões que guiam este trabalho são, portanto, as seguintes:

1. Processos cognitivos como o stress influenciam de forma significativa os nossos padrões de interação com dispositivos tecnológicos?
2. Se esta influência existe, é possível desenvolver uma ferramenta capaz de quantificar estes processos através da mera observação dos seus padrões de interação?

O que se propõe é então uma abordagem que se apoie em indicadores como a velocidade do rato ou a eficiência do seu movimento e o ritmo de escrita. Desta forma, este trabalho insere-se claramente na vasta área da Computação Consciente do Contexto, que visa o desenvolvimento de sistemas artificiais capazes de adquirir e interpretar informação de contexto do ambiente [55]. Enquanto que numa fase inicial as aplicações desenvolvidas se centravam mais

na localização do utilizador [56], a área rapidamente evoluiu para áreas tão distintas quanto as interfaces inteligentes [57], ou a análise dos padrões de movimentação do utilizador no ambiente [58].

4.2 Stress enquanto processo cognitivo

abrangente

A influência de processos como o stress, tanto ao nível do indivíduo como das organizações, é hoje inquestionável [52]. Os efeitos negativos, em particular, são especialmente mediatizados, pela potencial severidade das suas consequências. Os efeitos genéricos destes processos não serão abordados em profundidade neste documento. Esta secção foca-se, em alternativa, na definição destes dois processos como um conjunto de alterações psicofisiológicas no organismo, observável através de sintomas físicos, psicológicos, comportamentais e de performance.

Destes, os efeitos estudados em primeiro lugar foram os de ordem fisiológica, na década de 1950, tendo resultado numa série de indicadores fisiológicos fiáveis para o estudo de stress e cansaço que resultaram nas unidades de *bio-feedback* em uso atualmente [59]. Na década de 70 começou o estudo dos distúrbios somáticos resultantes destes aspetos biológicos [60] e apenas mais recentemente se começaram a estudar outros aspetos, tais como os comportamentais e de performance, nos quais este trabalho se insere. O que une estes efeitos, apesar da sua disparidade, é o facto de decorrerem de um processo bioquímico controlado pelo sistema nervoso central. Por esta razão, e tal como os estudos citados nesta secção apontam, os efeitos destes processos são muito similares em diferentes indivíduos, podendo incluir sudação excessiva, tensão muscular, comportamentos repetitivos, alterações de apetite, sonolência, entre muitos outros.

Este documento centra-se no pressuposto de que também os nossos padrões de interação com os dispositivos tecnológicos, por serem não apenas cognitivos mas também físicos e comportamentais, são afetados por processos como o stress. Nesse sentido, não se pretende unicamente verificar a existência destes efeitos mas também, à semelhança de outras abordagens já conhecidas, determinar se estes podem ser generalizados para diferentes indivíduos.

4.3 Abordagens para aquisição do contexto

As técnicas de gestão de stress existentes atualmente nas empresas têm como principal objetivo a avaliação do estado dos colaboradores com vista à implementação de abordagens que permitam ao colaborador lidar com os efeitos negativos destes fenómenos [61]. Estas técnicas pretendem dar resposta a duas questões principais: (1) até que ponto está um determinado evento a afetar um colaborador? e (2) Quais são os melhores métodos para ajudar o colaborador a lidar com os eventuais efeitos?

Relativamente à primeira questão, uma vez identificado um estado de stress, diferentes abordagens podem ser seguidas para a sua gestão, incluindo o apoio ou aconselhamento personalizado, terapia de grupo, exercícios de respiração e relaxamento, jogos ou socialização [62]. O desafio reside na escolha da abordagem mais apropriada. Atualmente, o uso de especialistas humanos nesta tarefa representa um custo que frequentemente impede as organizações de aderirem a estas práticas [62]. Para além disso, há ainda problemas relacionados com a disponibilidade limitada, a eventual necessidade de deslocações, e a frequente relutância dos colaboradores em discutirem os seus problemas no local de trabalho [63]. Uma abordagem automatizada, pelo menos em parte, poderia constituir um importante passo no sentido de aumentar a adesão a estas iniciativas.

Nesse sentido, este trabalho centra-se na primeira questão. Tradicionalmente, duas abordagens principais podem ser seguidas para quantificar os efeitos do stress: (1) questionários ou inquéritos, usados sobretudo pela Psicologia e (2) sensores fisiológicos, usados sobretudo pela Medicina. Cada uma destas abordagens tem vantagens e desvantagens quando considerada num local de trabalho real.

Os questionários são vistos como uma abordagem pouco dispendiosa para recolher grandes quantidades de informação. Não representam um esforço muito significativo para o investigador, que beneficia ainda da facilidade em compilar os dados que advêm de respostas pré-definidas [64]. São eminentemente práticos e podem ser conduzidos quer pelo investigador quer por qualquer outra pessoa sem que isso afete a sua validade ou fiabilidade. Contudo, os questionários sofrem também de um número de problemas que vão mais além

dos tradicionais problemas relacionados com a definição e formulação das questões [65].

Em especial, os questionários são particularmente inadequados para expressar conceitos complexos tais como emoções, comportamentos ou sentimentos. São baseados na percepção individual de conceitos muito subjetivos tais como *bom*, *pobre*, *grande* ou *baixo*. É ainda muito fácil para quem responde esconder informação, mentir voluntariamente ou, mesmo que de forma inconsciente, depreciar ou sobrevalorizar determinados indicadores [66]. Este tipo de comportamento é praticamente impossível de despistar pelo investigador. Por último, aquando do desenvolvimento do questionário, o investigador toma as suas próprias decisões e assunções acerca do que é e não é importante. Mesmo que o indivíduo considere algum aspeto como sendo importante, não tem uma forma de se exprimir caso esse aspeto não conste do questionário ou não esteja mencionado de forma apropriada.

Alternativamente, a Medicina desenvolveu uma abordagem muito mais precisa para o problema, baseada numa série de diferentes sensores que medem os efeitos fisiológicos ou neurológicos no corpo humano de processos como o stress, a fadiga ou as emoções. Neste campo, um dos indicadores mais precisos é o cortisol, medido na saliva, cabelo ou sangue [67]. É particularmente útil para medir o nível de stress de seres humanos uma vez que esta hormona é libertada em resposta a este sintoma. Outros sensores ou combinações de sensores podem ser usados. A condutividade da pele, por exemplo, mede a resistência da pele humana à passagem de corrente, que varia de acordo com o seu nível de sudação. Uma vez que as glândulas sudoríparas são controladas pelo sistema nervoso simpático, deixam transparecer estados de excitação psicológica ou fisiológica, que acontecem em picos de stress, ou estados de aborrecimento, que ocorrem em picos de fadiga. A temperatura da pele, o batimento cardíaco ou o ritmo respiratório são também conhecidos indicadores para o estudo de stress, emoções ou fadiga ([68]; [69]; [70]). Em particular, a variabilidade do ritmo cardíaco [71] (a variação no intervalo temporal entre batimentos), tem sido usada cada vez mais no estudo do stress, demonstrando-se que estes estão intimamente ligados [72].

O marcado crescimento de ferramentas de *biofeedback* nos últimos anos é também digno de nota. Estas ferramentas combinam o feedback de várias

funções corporais, usando instrumentos que analisam indicadores tais como ondas cerebrais, resposta muscular, condutividade da pele, batimento cardíaco, percepção de dor, entre outros [73]. O estudo de ondas cerebrais é particularmente interessante uma vez que fornece pistas acerca de aspetos tais como fadiga [74], nível de stress, excitação ou estado emocional. As ferramentas de *biofeedback* podem ainda ser usadas para melhorar determinados aspetos ou hábitos diários, uma vez que permitem ao indivíduo observar os efeitos desses hábitos nos seus parâmetros fisiológicos [75].

De uma forma geral, abordagens baseadas em sensores fisiológicos são vistas como muito precisas e são usadas não apenas para avaliar o estado de um indivíduo, mas também como uma base para tratamentos médicos e intervenções. O seu uso, validade e utilidade são atualmente inquestionáveis.

No entanto, no contexto deste trabalho olham-se as duas abordagens, questionários e sensores fisiológicos, do ponto de vista do seu uso num ambiente de trabalho real. Nesse sentido, temos que averiguar até que ponto constituem abordagens adequadas para avaliar o estado de um indivíduo neste contexto. A convicção é a de que não são adequadas, devido aos fatores que de seguida se enumeram.

Quando um indivíduo usa um questionário para se descrever a si próprio ou ao seu comportamento, com frequência o que realmente pensa não se enquadra exatamente em nenhuma das opções de escolha múltipla. Para lidar com esta situação o indivíduo frequentemente opta ou por não responder ou por escolher a opção que mais se aproxima do que realmente pensa. As dúvidas sobre a quantificação das respostas são outro problema frequente. Enquanto alguns conceitos tais como *nunca* ou *sempre* são fáceis de definir, outros tais como *frequentemente* ou *ocasionalmente* são menos claros. Quando estes questionários dizem respeito ao comportamento do indivíduo em determinada situação (e.g. “Como reagiria se, sentindo-se tremendamente cansado, lhe fosse dada uma tarefa para completar num curto espaço de tempo?”), não há garantias que a resposta dada seja realmente concretizada numa situação real. De facto, muitas vezes assumimos que nos comportaríamos de determinada forma ao responder ao questionário, mas, na verdade, acabamos a comportar-nos de forma diferente quando o momento chega, dependendo do contexto social, geográfico ou outros.

Quando, em alternativa, se usam sensores fisiológicos, estes têm a principal vantagem de fazer o indivíduo sentir-se desconfortável. Isto pode, por vezes, levar à recusa ao seu uso por este implicar uma ligação física constante que pode inclusive limitar os seus movimentos. A isto junta-se ainda a natural desconfiança sobre o tipo de informação que será recolhida ou o que esta revelará sobre si a estranhos. Tudo isto pode por um lado dificultar a recolha de dados e, por outro, ter um efeito adicional sobre as variáveis que se estão a medir (e.g. a pessoa pode sentir-se stressada pelo simples facto de ter uma série de sensores ligados a si).

Posto isto, nenhuma destas abordagens pode ser utilizada de forma realista para quantificar o estado de um indivíduo num cenário de trabalho sem uma alteração das suas rotinas de trabalho. Assim sendo, as próximas secções detalham um novo paradigma em que o foco é na análise do comportamento do indivíduo como espelho do seu estado interior. De facto, processos como o stress, a fadiga ou as emoções têm efeitos mensuráveis não apenas na nossa fisiologia, mas também nos nossos comportamentos. Tendo uma forma de identificar e medir determinados comportamentos e tendo uma forma de relacionar determinados comportamentos (ou alterações específicas nestes comportamentos) com determinados estados, abrimos a porta para o desenvolvimento da classificação do estado interior de um indivíduo através da observação dos seus indicadores comportamentais. Esta é a premissa do trabalho descrito neste documento e exposto em mais detalhe nas secções que se seguem.

4.4 Análise comportamental

Como descrito na secção anterior, o estudo do stress, incluindo as suas causas e sintomas, tem sido um tópico de disciplinas como a Medicina ou a Psicologia. Tradicionalmente, dados acerca dos utilizadores são adquiridos através de mecanismos como questionários ou através do uso de sensores fisiológicos, com as desvantagens enunciadas anteriormente.

Esta secção avança uma nova abordagem baseada na análise comportamental. A ideia chave é observar, de forma não invasiva, o comportamento dos indivíduos, e mapear determinados comportamentos para

estados específicos ou alterações nesses estados. Esta abordagem pode, nesse sentido, ser incluída na área da Biometria Comportamental ou, no seu original anglo-saxónico, *Behavioural Biometrics* [76]. Esta área está, tal como o seu nome indica, intimamente ligada à Biometria, existindo, no entanto, diferenças que as distinguem. A Biometria “tradicional” considera aspetos físicos tais como as impressões digitais ou a forma da íris, que são únicos para cada indivíduo e permitem, portanto, que um indivíduo seja inequivocamente identificado através deles. A Biometria Comportamental parte de uma premissa similar mas considera aspetos comportamentais ao invés de considerar aspetos físicos. Isto é, a forma como um indivíduo se comporta em determinadas circunstâncias, quando apropriadamente definida, pode identificá-lo. Características mais comumente usadas incluem a cadência do discurso, o ritmo de escrita num teclado, a forma de caminhar ou os padrões de movimento dos olhos durante a utilização do computador (ver por exemplo [77] ou [78]).

Dado o foco deste trabalho, consideram-se para a implementação da abordagem proposta comportamentos que podem ser observados com facilidade num típico cenário de sala de aula, sem a necessidade de usar sensores ou outro hardware adicionais. Estes comportamentos incluem os padrões de movimento do utilizador no ambiente e os padrões de interação com dispositivos como computadores (através de rato e teclado [79]), *smartphones* ou ecrãs tácteis. A Figura 14 mostra os dispositivos utilizados na construção de um protótipo do ambiente e o processo que se inicia com o registo dos eventos de sistema e termina com a construção de um modelo comportamental.

O primeiro passo na aquisição de características contextuais é então o registo dos eventos de sistema. Para o efeito foram desenvolvidas aplicações específicas do tipo *logger*, para cada tipo de dispositivos, que correm em segundo plano, não requerem qualquer interação explícita por parte do utilizador e registam os eventos nos quais estamos interessados. Para os eventos originados nos computadores, todos a correr sistemas operativos da família Windows, a aplicação subscreve os seguintes tipos de eventos e, para cada um, regista a seguinte informação:

- MV, *timestamp*, posX, posY – a deslocação do rato num determinado momento para as coordenadas dadas por (posX, posY);

- MD, *timestamp*, [Esq | Dir], posX, posY – a primeira metade de um clique, i.e., quando um botão do rato é pressionado, num determinado momento. Descreve ainda qual o botão que foi pressionado e a posição do rato nesse momento;
- MU, *timestamp*, [Esq | Dir], posX, posY – similar ao anterior mas descrevendo a segunda parte do clique, i.e., quando o botão do rato é libertado;
- MW, *timestamp*, dif – descreve o movimento da roda de *scroll*, num determinado momento;
- KD, *timestamp*, key – descreve o momento em que uma determinada tecla é pressionada;
- KU, *timestamp*, key – descreve o momento em que uma determinada tecla é libertada.

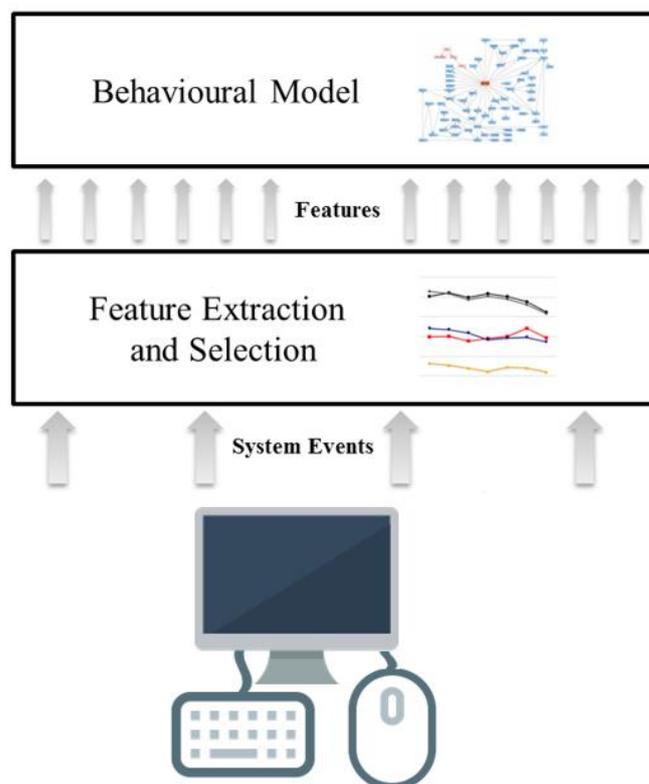


Figura 14 - Dispositivos usados para implementar a abordagem descrita e processo de construção de um modelo comportamental a partir dos eventos de sistema.

A partir de dados deste tipo é possível extrair as seguintes características, que podem então ser usadas para construir um modelo comportamental [80] do utilizador:

- Tempo de pressão de tecla – define o tempo decorrido entre o momento em que uma tecla é pressionada e o tempo em que essa mesma tecla é largada, i.e., o tempo entre dois eventos consecutivos do tipo KD e KU;
- Tempo entre teclas – o tempo decorrido até pressionar uma tecla depois de a anterior ter sido libertada, i.e., o tempo entre dois eventos consecutivos do tipo KD e KU;
- Distância entre cliques – define a distância viajada pelo rato (em pixéis) entre cada dois cliques consecutivos. Sejam dois eventos consecutivos do tipo MU e MD, denominados mup e mdo, respetivamente nas coordenadas (x_1, y_1) e (x_2, y_2) e nos instantes $time_1$ e $time_2$. Vamos ainda assumir dois vetores pos_x e pos_y , de tamanho n , que contêm as coordenadas dos eventos sucessivos do tipo MV entre mup e mdo. A distância real percorrida pelo ponteiro do rato r_{dist} é dada pela Equação 1:

$$r_{dist} = \sum_{i=0}^{n-1} \sqrt{(posx_{i+1} - posx_i)^2 + (posy_{i+1} - posy_i)^2} \quad (1)$$

Equação 1- Distância percorrida pelo rato

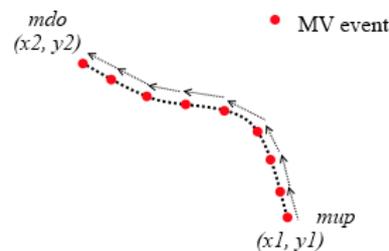


Figura 15 - Processo de cálculo da distância real viajada pelo rato

- Velocidade do rato – a distância viajada pelo rato (em pixéis) sobre o tempo (em milissegundos). A velocidade é calculada para cada intervalo definido por dois eventos MU e MD consecutivos. A velocidade entre os dois cliques é dada pela fórmula $\frac{r_{dist}}{(time_2 - time_1)}$, em que r_{dist} é dada pela Equação 1;
- Aceleração do rato – a variação de velocidade do rato (em pixéis/milissegundos) sobre o tempo (em milissegundos). A velocidade é calculada para cada intervalo definido por dois eventos MU e MD consecutivos e utilizando os valores da velocidade calculados através da alínea anterior;

- Tempo entre cliques – o tempo decorrido entre dois eventos consecutivos dos tipos MU e MD, i.e., quanto tempo tardou a efetuar um clique depois de ter efetuado o anterior;
- Duração de duplo clique – o tempo decorrido entre dois eventos consecutivos do tipo MU, sempre que este tempo seja inferior a 200ms. Durações superiores não são contabilizadas como duplos cliques;
- Excesso médio de distância – o excesso de distância, em média, que o apontador do rato viaja entre cada dois eventos MU e MD consecutivos. Sejam dois eventos consecutivos do tipo MU e MD, denominados *mup* e *mdo*, respetivamente nas coordenadas (x_1, y_1) e (x_2, y_2) . Vamos ainda assumir dois vectores pos_x e pos_y , se tamanho n , que contêm as coordenadas dos eventos sucessivos do tipo MV entre *mup* e *mdo*. Para calcular esta característica, primeiro é calculada a distância em linha reta entre (x_1, y_1) e (x_2, y_2) através da fórmula (2):

$$s_{dist} = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}. \quad (2)$$

Equação 2 - Excesso percorrido ente dois pontos

- Depois é calculada a distância real percorrida pelo ponteiro do rato, através do somatório das distâncias entre cada dois eventos MV consecutivos, cujas coordenadas são dadas pelos vetores pos_x e pos_y . O excesso médio de distância entre dois cliques consecutivos é então dado por $\frac{r_{dist}}{s_{dist}}$;

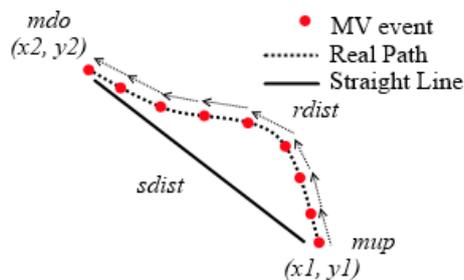


Figura 16 - Distância em linha reta entre dois pontos no ecrã (s_{dist}) versus distância realmente percorrida pelo ponteiro (r_{dist}).

- Distância média do rato à linha reta – mede a distância média do ponteiro do rato à linha reta definida por cada dois cliques consecutivos. Sejam dois eventos consecutivos do tipo MU e MD, denominados *mup* e *mdo*,

respetivamente nas coordenadas (x_1, y_1) e (x_2, y_2) . Vamos ainda assumir dois vetores pos_x e pos_y , se tamanho n , que contêm as coordenadas dos eventos sucessivos do tipo MV entre mup e mdo . A soma das distâncias entre cada posição do rato e a linha reta definida pelos pontos (x_1, y_1) e (x_2, y_2) é dada pela Equação 3, em que $ptLineDist$ revolve a distância mais curta entre o ponto e a linha reta estendida infinitamente, definida por (x_1, y_1) e (x_2, y_2) . A distância média do rato à linha reta definida por dois cliques consecutivos é então dada por $\frac{s_{dists}}{n}$,

$$s_{dists} = \sum_{i=0}^{n-1} ptLinedist(posx_i, posy_i) \quad (3)$$

Equação 3 - Distância média entre dois cliques consecutivos

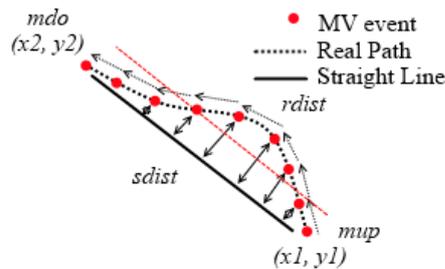


Figura 17 - A distância média entre dois cliques à linha reta

- Distância do rato à linha reta – esta característica é similar à anterior, com a diferença que devolve o somatório do excesso de distância do rato em vez da sua média;
- Soma dos ângulos – define quanto o movimento do rato tendeu a curvar mais para a direita ou esquerda. Sejam dois eventos consecutivos do tipo MV, respetivamente nas coordenadas (x_1, y_1) , (x_2, y_2) e (x_3, y_3) . O ângulo α entre a primeira linha (definida por (x_1, y_1) e (x_2, y_2)) e a segunda linha (definida por (x_2, y_2) e (x_3, y_3)) é dado por $degree(x_1, y_1, x_2, y_2, x_3, y_3) = \tan(y_3 - y_2, x_3 - x_2) - \tan(y_2 - y_1, x_2 - x_1)$. Sejam ainda dois eventos consecutivos do tipo MU e MD, denominados mup e mdo respetivamente, e dois vetores pos_x e pos_y , se tamanho n , que contêm as coordenadas dos eventos sucessivos do tipo MV entre mup e mdo . A soma dos ângulos entre estes dois pontos é dada pela equação 4;

$$s_{angle} = \sum_{i=0}^{n-2} degree(posx_i; posy_i; posx_{i+1}; posy_{i+1}; posx_{i+2}; posy_{i+2}) \quad (4)$$

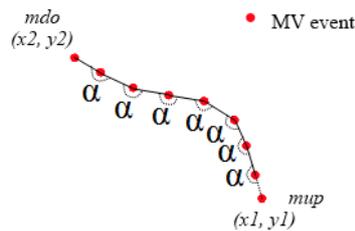


Figura 18 - Processo de cálculo do somatório dos ângulos entre cada dois segmentos do movimento real do rato.

- Soma absoluta dos ângulos – similar à anterior mas calcula o seu valor absoluto, i.e., sem considerar a direção da curva;

A relação entre cada uma destas características e a performance do utilizador é, na maior parte dos casos inversa, i.e., um incremento do valor medido mostra um decréscimo na performance (e.g. maior distância percorrida entre dois cliques mostra menor performance). As únicas duas exceções são a velocidade e aceleração do rato. Com efeito, estas duas variáveis não podem ser analisadas de forma tão linear uma vez que, tomando como exemplo a velocidade, o seu incremento só é sinal de maior eficiência até um certo ponto: a partir daqui contribui negativamente para a eficiência uma vez que torna o movimento menos preciso.

No próximo capítulo será descrito o sistema que se pretende desenvolver bem como os seus constituintes e casos de uso.

5 Sistema de Apoio ao Professor

Para que se deixe de olhar para os alunos apenas como números (quando um professor tem várias turmas, possui muitíssimos alunos, etc.) e o professor possa ter a possibilidade de realizar as suas tarefas diárias e ter mesmo assim tempo para acompanhar os seus alunos, foi implementada a ideia de um sistema de Apoio ao Professor. A solução pretende aproximar professores e alunos de modo que a simples vergonha, que por vezes um aluno possa ter em admitir uma dificuldade ou dúvida, não seja um entrave à sua aprendizagem.

Este sistema é constituído por várias aplicações que recolhem dados acerca do comportamento do aluno durante o momento de avaliação (fichas práticas ou exames) e com esses mesmos dados cria informação útil ao professor. O professor pode consultar essa informação e, em tempo real ou mesmo após o término do momento de avaliação, analisá-la e determinar onde é que cada aluno teve ou tem mais dificuldades. Exemplificando, se o aluno demorou muito tempo a responder a uma questão durante o momento de avaliação pode ser um fator que o aluno possui mais dificuldades na matéria que corresponde àquela pergunta.

Através do sistema desenvolvido o professor passa a saber em tempo real:

- Quantos alunos estão a realizar naquele momento o teste;
- Em que pergunta se encontra cada aluno;
- A resposta dada à pergunta;
- O trajeto já realizado até então pelo aluno;
- O tempo despendido em cada pergunta.

Este acompanhamento é visto como um auxílio ao professor na medida em que permite ao mesmo aperceber-se das dificuldades do aluno e se for caso auxiliar o aluno logo no momento. Sabe-se através do convívio que se tem com os colegas de turma, e da experiência em geral, que existem alunos que são demasiados tímidos e isso faz com que, por vezes, a sua aprendizagem seja prejudicada. Este sistema responde a este tipo de problema porque o professor auxilia o aluno mesmo antes do aluno entrar em stress.

A vergonha ou timidez, a preocupação em não interromper colegas ou o professor deixa de ser um entrave para a realização do teste, o professor saberá

antecipadamente que o aluno está com dificuldades. Com uma simples frase “Precisa de ajuda na questão x?” deixará o aluno com o à vontade necessário para questionar o professor com a sua dúvida e assim prosseguir o teste calmamente.

Em outros casos se o aluno em vez de ficar demasiado tempo a pensar no que poderá querer dizer numa pergunta, enquanto o tempo está a passar (e o seu teste está cada vez mais atrasado), existe uma preocupação antecipada por parte do professor que poderá prevenir situações de stress desnecessárias.

Após o término do momento de avaliação pretende-se que o professor seja capaz de consultar informação anterior mas também que possa ter acesso à análise de informação tanto particularmente como em geral. Acesso a gráficos de tempos dos alunos, onde é que reside globalmente a maior dificuldade por parte dos alunos, agrupar a informação elementar e torná-la em informação útil, intuitiva e objetiva.

Com a classificação do desempenho do aluno na sua interação com o computador aquando da realização do momento de avaliação, o professor poderá também consultar o progresso que cada aluno obteve desde a realização das fichas práticas até ao seu resultado após o teste de avaliação.

Todos os momentos contam e o que se pretende é que os alunos não sejam apenas números e sejam acompanhados devidamente para que as suas capacidades e resultados sejam aproveitados ao máximo.

5.1 Arquitetura

Para realizar os testes e colocar à prova todas as ideias apresentadas neste documento foi escolhida a plataforma *Moodle* já apresentada anteriormente. A partir desta plataforma é possível utilizar um grande sistema, globalmente aceite, para reproduzir de melhor forma como seria num ambiente real.

A base de dados utilizada na plataforma Moodle é *mysql*, por ser a que é recomendada, como a mais eficiente, durante a instalação. É aqui que são criados os mecanismos (*triggers*) que possibilitam, mais facilmente, a captação de dados que serão precisos para apresentar ao professor e que a própria plataforma não guarda por si só.

Para a aquisição dos dados é utilizada a aplicação RecordData que foi construída a partir do modelo apresentado no tópico da análise comportamental. Das várias formas existentes para a recolha de dados, aqui são apenas utilizados o rato e o teclado. São ferramentas presentes em qualquer computador e com as quais os utilizadores estão familiarizados, não sendo intrusivas. Em contrapartida ao utilizar-se câmaras poder-se-ia influenciar o desempenho ou o à vontade do aluno, pois certas pessoas não reagem bem quando estão a ser observadas.

A aplicação para apresentar os dados é denominada por *Tsupp*, é aqui que os professores poderão em tempo real consultar e analisar o que os seus alunos estão a fazer e como o estão a fazer.

Existem duas perspetivas diferentes de utilização no sistema, enquanto aluno e enquanto professor. Tanto um como o outro utilizam ferramentas em comum mas também têm as suas diferenças. De seguida ambas serão apresentadas de forma a explicar como funcionam, da perspetiva do utilizador, mas também o que acontece para que tal seja possível.

Quando o aluno está a realizar o momento de avaliação a interligação que existe entre as aplicações mencionadas anteriormente está visível na Figura 19:

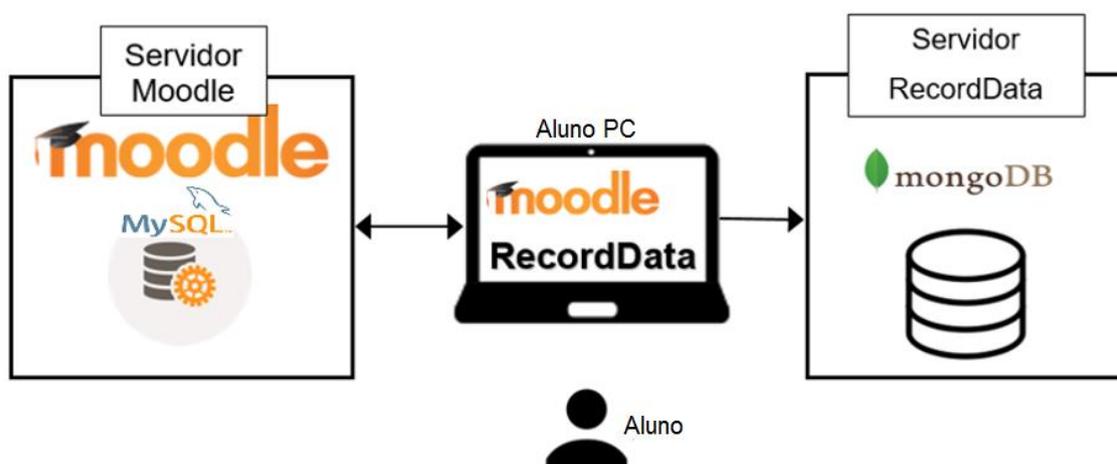


Figura 19- Interligação de componentes no caso do aluno

De seguida explicar-se-á o procedimento e como é interligado todo o sistema apresentado na imagem anterior.

O computador do aluno tem que possuir acesso à internet para aceder à plataforma *Moodle* e para que seja possível guardar os dados remotamente no servidor da aplicação *RecordData*.

O aluno dirige-se à página web do *Moodle*, à respectiva disciplina e teste e em seguida liga a aplicação *RecordData*. Antes de iniciar o teste deve então iniciar sessão nesta aplicação de modo a registar as suas interações com o rato e o teclado durante o teste. Cada interação que o aluno tem com os dispositivos periféricos (rato e teclado), gera informação que posteriormente é enviada para o servidor da aplicação *RecordData*.

Enquanto isso, toda a informação que lhe é apresentada através das páginas do *Moodle* é retirada do servidor *Moodle*. Importa salientar que quando o aluno responde a uma questão ou muda de página durante o teste, toda essa informação está retida neste servidor. Na verdade, nem toda a informação fica registada e é necessário recolhê-la de forma a poder apresentá-la ao professor. Portanto, através de mecanismos de base dados, como *triggers*, é possível saber que houve essas alterações e proceder ao seu registo.

Após o término do teste o aluno tem simplesmente que terminar sessão na aplicação *RecordData* e, obviamente, da plataforma *Moodle* de modo a dar por terminado todas as interações.

No que diz respeito à parte em que o professor pretende consumir essa mesma informação captada, utiliza a aplicação *Tsupp* para tal. Toda a estrutura necessária para que isto seja possível está presente na imagem seguinte:

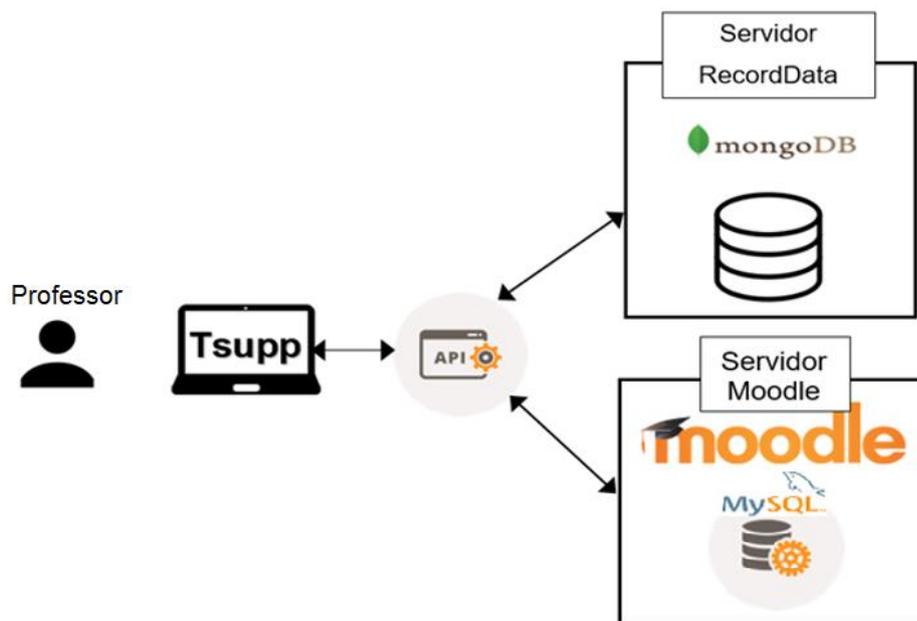


Figura 20 - Interligação de componentes no caso do professor

O professor acede à aplicação, inicia a sessão com as credenciais do *Moodle* e pode começar a consultar a informação dos seus cursos e testes.

Quando precisa aceder a alguma informação é enviado um pedido ao servidor, representado na Figura 20 por 'API', que recolhe a informação necessária para responder a esse pedido no servidor *Moodle* ou no servidor *RecordData*.

O servidor 'API' é então o responsável por gerir todas as ligações, receber os pedidos dos professores e enviar a devida resposta. Cria para cada professor um *Thread* que guarda os canais de comunicação criados entre ambos para a troca de informação. Esta troca de informação entre a *Tsupp* e servidor 'API' é feita através de *json*, que não é mais que uma cadeia de caracteres bem estruturada.

5.2 Mockups

Para os professores serem capazes de consultar e visualizar a informação da melhor forma, é necessário criar uma aplicação com interfaces simples, explicativas e intuitivas.

5.2.1 Login

A Figura 21 diz respeito à interface para iniciar sessão, apresenta uma imagem para apresentar a aplicação, dois campos para a introdução de texto (uma para o numero/nome que identifica univocamente o professor no sistema e uma outra para a introdução da password). Por fim um simples botão para enviar essa informação para o servidor para que esta seja validade.

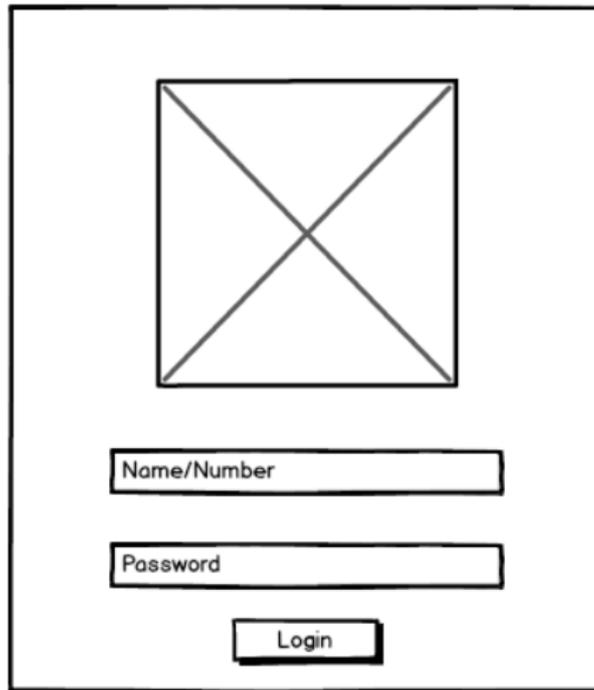


Figura 21 - Esboço da interface início de sessão

Após o início de sessão, a aplicação deve perceber se existe algum momento de avaliação a decorrer. Caso exista, a aplicação apresenta a informação dos estudantes presentes nesse momento de avaliação e a interação que vão realizando durante o teste.

5.2.2 Momento de avaliação ativo

Nesta interface são apresentados os estudantes que estão inscritos no curso, se já começaram o teste, a pergunta em que estão no momento, as perguntas que já realizaram e as que ainda não realizaram, a informação mais importante do aluno e possui um menu para navegar para outras funcionalidades (Figura 22).



Figura 22 - Esboço da interface momento de avaliação ativo

Quando o professor pretender saber a resposta que o aluno deu numa determinada questão, pode consultá-la como apresenta a figura 23, bastando clicar na pergunta.

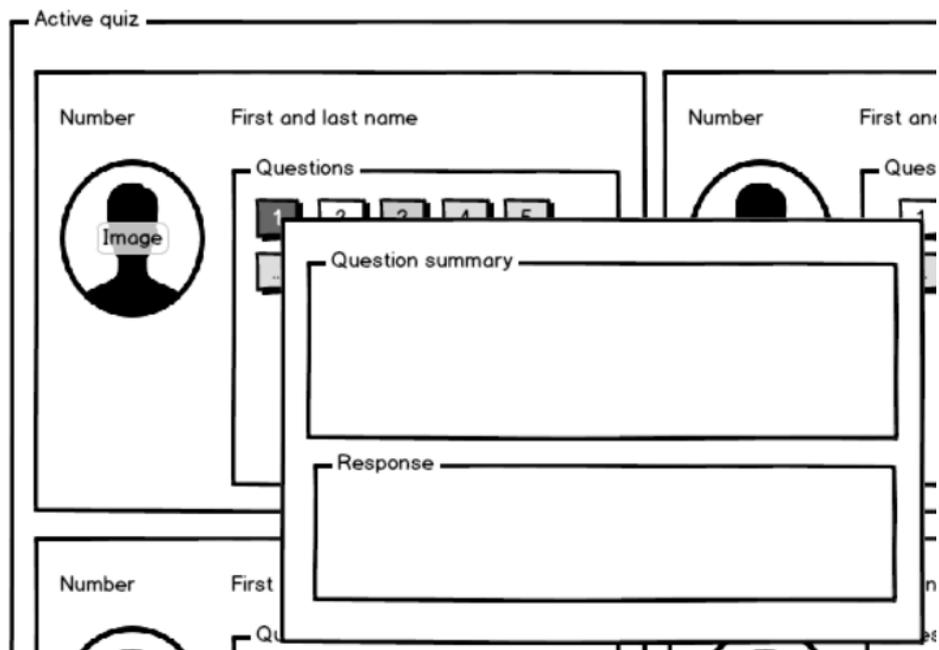


Figura 23 - Esboço da interface resposta do aluno

5.2.3 Relatórios

Esta funcionalidade apresenta os relatórios (Figura 24), de cada aluno, sobre a interação e os tempos utilizados em cada questão. Possui uma barra de filtro para que o professor consiga restringir a informação que pretende visualizar, pelo curso ou pesquisar pelo nome do estudante.

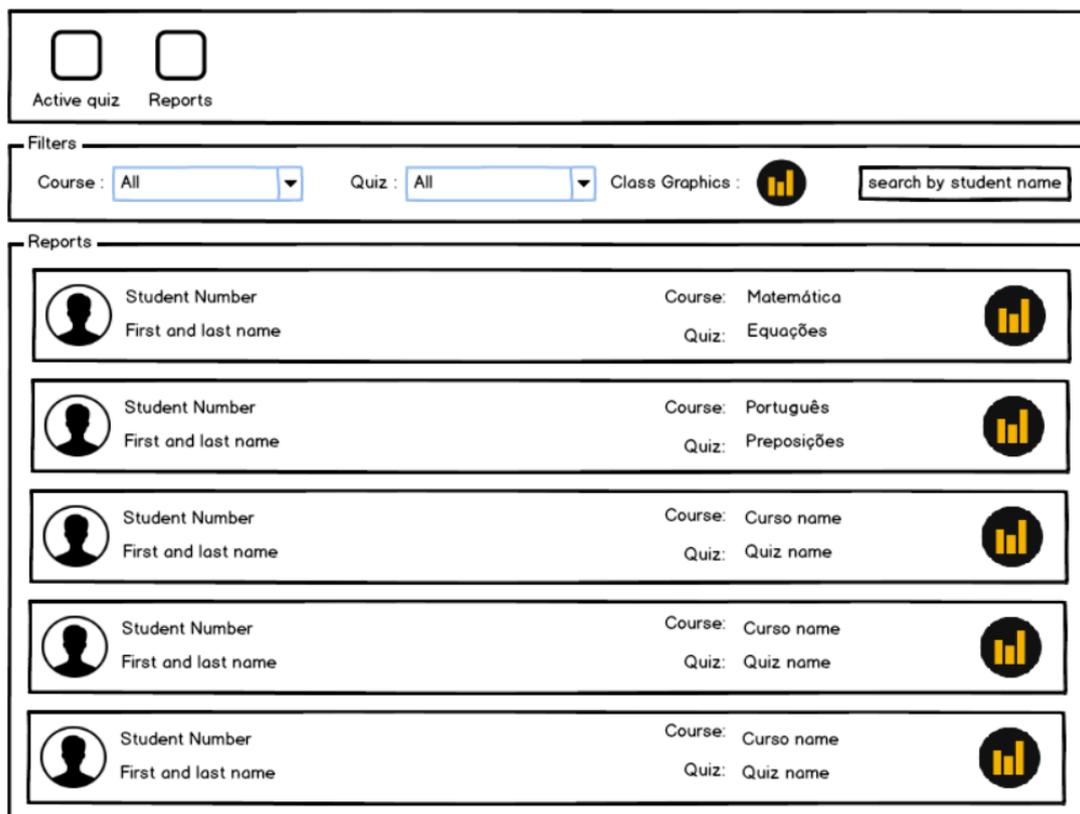


Figura 24 - Esboço da interface relatórios

Clicando no ícone com o gráfico na secção de cada estudante, o professor dirige-se para a interface onde pode consultar, em forma de gráfico, a informação correspondente à performance do aluno e aos tempos gastos. Ainda no menu tem a possibilidade de consultar os gráficos gerais de toda a turma, para isso tem que ter seleccionado o curso e o teste pretendido para o efeito.

5.2.4 Performance e tempo gasto

Esta secção pretende apresentar os gráficos criados a partir da informação recolhida, o mais simples possível.

5.2.4.1 Individual

Esta interface possui separadores para navegar entre os gráficos da performance e os gráficos dos tempos de interação. Dentro de cada separador possui um conjunto de opções em forma de lista na parte lateral esquerda do gráfico.

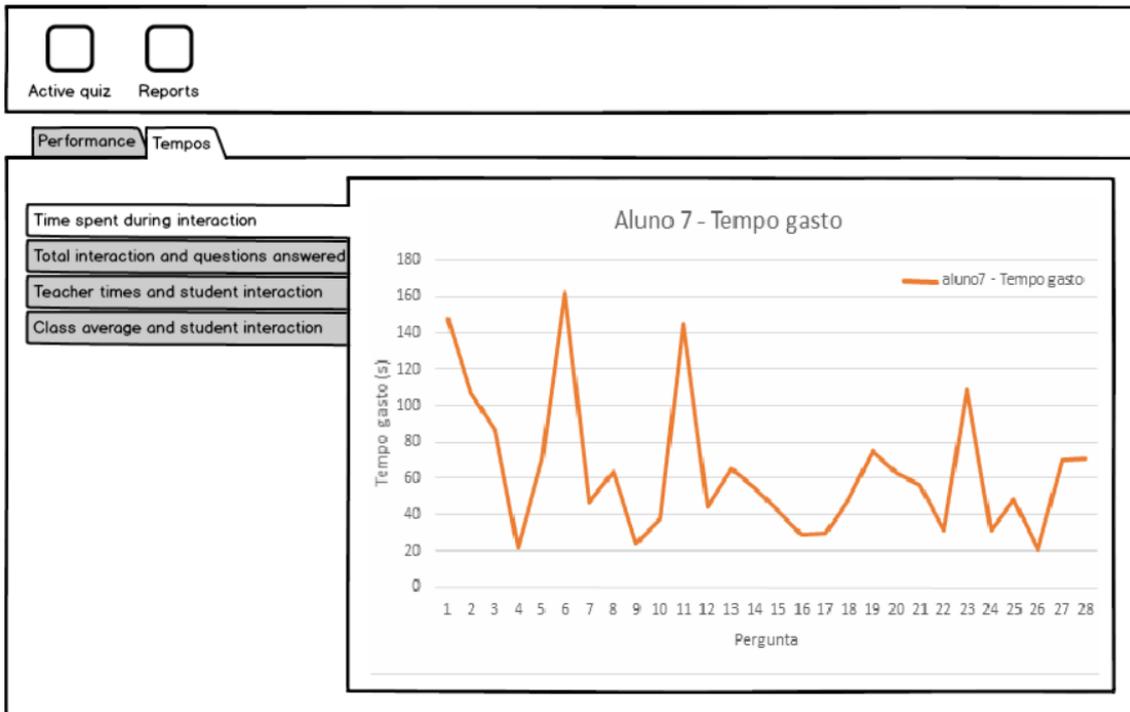


Figura 25 - Esboço da interface dos gráficos individuais da interação

Pretende apresentar os gráficos dos tempos gastos em cada pergunta (interação), como demonstra o exemplo na Figura 25, a diferença entre o tempo gasto durante a interação e o tempo gasto nas perguntas que respondeu, caso o professor crie uma linha de tempo para cada pergunta compara-o com o tempo de interação do aluno, compara também a interação do aluno com a média da turma.

5.2.4.2 Coletivo (turma)

A parte coletiva segue a mesma estrutura da parte individual, a parte que altera é apenas o conteúdo nela presente.

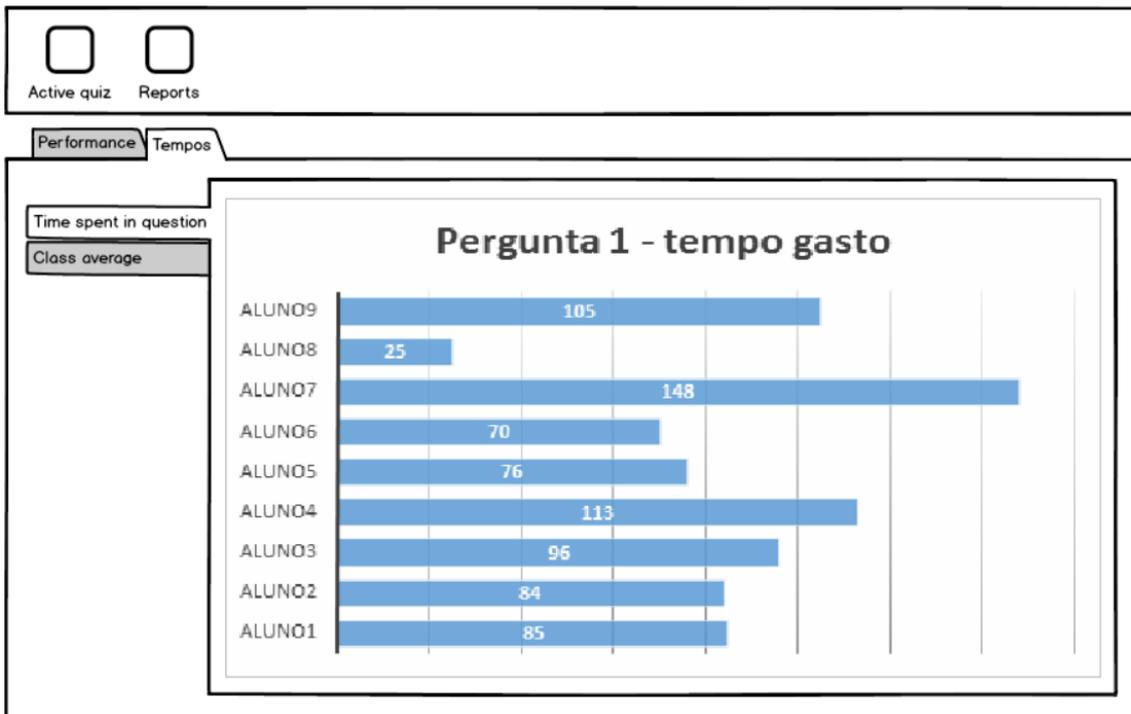


Figura 26 - Esboço da interface dos gráficos coletivos de interação

Pretende apresentar os gráficos da média dos alunos por pergunta e, como demonstra a Figura 26, comparar para uma pergunta o tempo gasto nela por cada aluno.

6 Caso de estudo

Quando se está a realizar um momento de avaliação coloca-se à prova aquilo que se aprendeu ou o que se acha que aprendeu. Por vezes, uma pessoa pensa saber bem determinado assunto, mas acaba por deparar-se com algumas ou muitas dificuldades. Uma ficha prática é um momento de avaliação que o aluno pode começar a tirar partido dela para testar o que aprendeu e até mesmo consolidar o que aprendeu.

Posto isto, quer-se tirar partido de todas estas possibilidades e dar ao professor a informação necessária para que ele consiga perceber onde o aluno realmente sentiu mais dificuldades. Mas com isto advém a questão da mudança de comportamento quando estamos a lidar com algum fator de stress, que em momentos de avaliação é o fator temporal (tempo). Este fator tem muita influência no modo como agimos, portanto, é com base nisso que os alunos irão adaptar a realização do momento de avaliação.

Medindo-se as diferentes interações que os alunos vão demonstrando à medida da realização do momento de avaliação pode-se perceber o que realmente se passa com o aluno, mas que ele próprio não se apercebe maioritariamente. Com a utilização de meios mais avançados como os computadores é possível retirar um conjunto de variáveis medíveis que demonstram o comportamento do aluno durante a realização do momento de avaliação. Para a interação com o computador é normalmente utilizado o rato e o teclado, instrumentos esses que permitem então a captura comportamental de cada aluno como já referido neste documento.

As pessoas adotam medidas para melhorar a realização das suas tarefas à medida que a necessidade assim o obriga. Nem todas as pessoas reagem de igual forma à mesma situação e para isso é preciso dar a perceber a cada pessoa as suas capacidades, de modo a fazer percebê-la o que pode melhorar.

Quer-se mostrar através deste caso de estudo que a recolha dessas mesmas medidas quando transformadas em informação útil pode ser uma mais-valia para os professores e para os alunos.

Para a recolha de dados foram utilizadas a plataforma *Moodle* e a aplicação *RecordData*. Foram recolhidos dados referentes à utilização do rato e

do teclado bem como os tempos que cada aluno demorou a realizar cada questão.

Com o cruzamento dos dados recolhidos através do rato e do teclado juntamente com a informação recolhida do tempo de demora a responder pretende-se classificar o desempenho dos alunos, de forma a clarificar os professores e alunos do seu desempenho. Esta classificação pode e deve ser feita em termos quantitativos e/ou qualitativos.

6.1 Experiência

Foi realizada uma experiência, no ISLab – Universidade do Minho, com o objetivo de validar a aplicação e abordagem desenvolvida neste trabalho. Os voluntários participantes na experiência foram alunos de Mestrado em Engenharia Informática. Trata-se de uma experiência em laboratório com a finalidade de recolher dados num ambiente mais informal, sendo o tempo e a dificuldade de cada questão (agentes agressores) a intervirem nos resultados.

A experiência consiste na realização de um teste com 30 perguntas, a representar o momento de avaliação, através da plataforma *Moodle*. O teste é o Jogo do 24, um jogo de raciocínio que pretende, a partir de 4 números, chegar ao resultado de 24 através de operações matemáticas (soma, subtração, multiplicação e divisão). O teste está subdividido em: 10 perguntas de dificuldade 'fácil' que terá uma avaliação total de 4 valores sendo distribuídos equiparavelmente por todas as questões; 10 perguntas de dificuldade 'média' que terá uma avaliação total de 6 valores sendo distribuídos equiparavelmente por todas as questões; 10 perguntas de dificuldade 'difícil' que terá uma avaliação total de 10 valores sendo distribuídos equiparavelmente por todas as questões. O teste tem a duração total de 30 minutos, sendo o agente agressor presente o limite temporal para a realização do teste.

6.2 Resultados

6.2.1 Rato

Os resultados obtidos através da recolha de dados do rato estão presentes na tabela 1.

Tabela 1 - Média e mediana dos valores do rato

	Média		Mediana	
	Início	Fim	Início	final
mv	0,445	0,492	0,370	0,364
ma	0,472	0,467	0,415	0,385
cd	72,210	78,787	85,660	73,418
tbc	17805,800	16930,045	16439,107	14173,127
dbc	168,277	134,597	124,687	126,113
ddc	37,825	21,500	0	0
edbc	228,316	225,430	138,395	87,514
aedbc	1,785	1,917	1,568	1,544
ssdbc	-1,067	-9,655	3,445	-6,420
asdbc	2036,708	1864,246	1913,827	1840,530

Através da análise da tabela pode-se constatar que a variável *mv* (velocidade do rato) tem um decréscimo, ainda que ligeiro, desde a altura do início do teste em comparação com o final do teste. O que significará então este decréscimo? É normal, e verificou-se em estudos anteriores do grupo, que quando o aluno está mais stressado tenha tendência a deslocar o rato mais devagar de forma a ser mais preciso quando quer executar alguma tarefa.

No que diz respeito à variável *ma* (aceleração do rato) vê-se um decréscimo que é justificado pelo facto da pessoa ao tentar ser mais precisa, baixa o modo como reage quando desloca o rato logo a aceleração diminui. Pode parecer contraditório dizer-se que a aceleração baixa porque se a pessoa está mais stressada deveria ter reações mais rápidas. Tal não se verifica e faz todo o sentido porque a pessoa passa a trabalhar de um modo mais assertivo e objetivo. Deste modo, precisa de baixar a aceleração para não levar o rato demasiado longe do botão/secção pretendida.

Na análise da variável *cd* (duração de um clique) vê-se também um decréscimo desde o valor inicial para o valor final. Mesmo num simples clique pode-se verificar que os alunos reduziram o tempo gasto para o mesmo, quer-

se melhorar o desempenho no teste. Neste caso, é visível a influência do agente agressor 'tempo' que injetou, no decorrer do teste, stress nos alunos.

A variável *tbc* (tempo entre cliques) apresenta um decréscimo o que resulta do aluno ter a noção que o tempo está a passar e que não está a conseguir realizar o teste dentro do tempo previsto. Assim sendo, a tendência é que comece a interagir mais rapidamente, o que explica esse decréscimo. Pode ser explicado pelo simples fato de ter passado perguntas à frente e ter voltado atrás quando se deparou com dificuldades.

A *dbc* (distância entre cliques) apresenta um ligeiro aumento, mas recorrendo aos valores da média é possível constatar que houve uma significativa diminuição. Isto explica que em geral houve uma redução da área de ação. Portanto os alunos começaram a focar-se no trabalho deixando o rato sempre perto das futuras zonas de ação.

A distância durante um clique, *ddc*, apresenta o valor zero nos dois casos (início e fim) porque este teste não possuía nenhuma situação onde os alunos utilizassem o arrastar ou o selecionar com o rato.

Na variável *edbc* (excesso da distância entre cliques), verifica-se um decréscimo significativo justificado mais uma vez pela influência do stress. Isto leva os alunos a, tal como na variável *dbc*, reduzirem a sua área de trabalho. O valor mais importante para este caso é a variável *aedbc* representar o valor médio do excesso de distância (distância real percorrida dividida pela distância da linha reta entre os dois pontos). Um valor próximo perto de 1 significa que a deslocação do rato entre cliques estaria a ser quase perfeita (desempenho perfeito caso igual a 1).

A soma dos graus dos ângulos entre cliques, *ssdbc*, diz respeito à direção que o rato toma entre os cliques. Verifica-se que de uma forma geral os alunos tendem a rodar o rato mais no sentido horário (um fenómeno que está relacionado com os nossos hábitos esquerda-direita e cima-baixo). Esta tendência é mais acentuada perto do final do teste. Nesta característica não é, no entanto, possível encontrar um relacionamento com a performance do aluno, algo que é mais visível no seu valor absoluto: os alunos tendem a curvar o rato menos em situações de stress, um sinal de maior eficiência no movimento.

6.2.2 Teclado

Os principais dados recolhidos acerca da interação que os alunos tiveram com o teclado estão representados na tabela 2.

Tabela 2- Média e mediana dos dados do teclado

	Média		Mediana	
	Início	Fim	Início	Fim
kdt	139,463	138,004	118,606	125,470
tbk	697,786	679,059	662,950	598,940

A variável *kdt* (tempo de pressionar e levantar uma tecla) apresenta um decréscimo da média e um aumento da mediana, pelo que os resultados não são conclusivos.

Por sua vez, a variável *tbk* (tempo entre teclas), apresenta uma diminuição desde a fase inicial para a fase final do teste. Isto é explicado pela necessidade de maior velocidade de escrita quando o tempo limite se aproxima, evidenciando-se um aumento do desempenho ao longo do teste.

6.2.3 Interação

De seguida foram analisados os dados referentes aos tempos gastos nas perguntas. Além de demonstrar os resultados da experiência realizada, pretende-se demonstrar quais os gráficos que o professor terá acesso e que lhe serão muito úteis para avaliar o desempenho dos seus alunos.

A tabela 3 apresenta os dados referentes aos tempos médios obtidos em cada pergunta, bem como o valor da mediana para se ter a noção de onde se situa a maioria dos resultados.

Tabela 3 - Dados referente aos tempos gastos

Pergunta	Tempo Médio Gasto	Mediana
1	89,11	84,5
2	77,33	45,5
3	26,22	14
4	46,78	28
5	65,22	61
6	59,56	35
7	46,78	35
8	45,22	31,5
9	66,78	50

10	40,56	37
11	256,67	243
12	115,13	79
13	205,89	90,5
14	114,00	101
15	98,71	48
16	53,00	27,5
17	37,57	29
18	65,83	51
19	61,67	56
20	37,33	26
21	38,33	32
22	42,17	31
23	59,20	46
24	28,00	19,5
25	50,20	46
26	24,40	21,5
27	47,40	36,5
28	57,75	47
29	91,00	63
30	46,33	34,5

A tabela serve também para perceber, em termos médios, quais as perguntas que se destacam como as mais problemáticas para os estudantes.

Neste projeto pretende aproximar o professor do estudante, para que este possa perceber mais objetivamente as necessidades dele. Para tal é necessário olhar mais individualmente para cada aluno, o gráfico presente na Figura 27 apresenta os valores médios para cada pergunta. Com o gráfico é mais fácil perceber quais as questões onde os alunos gastaram mais tempo, isto de forma mais rápida e intuitiva.

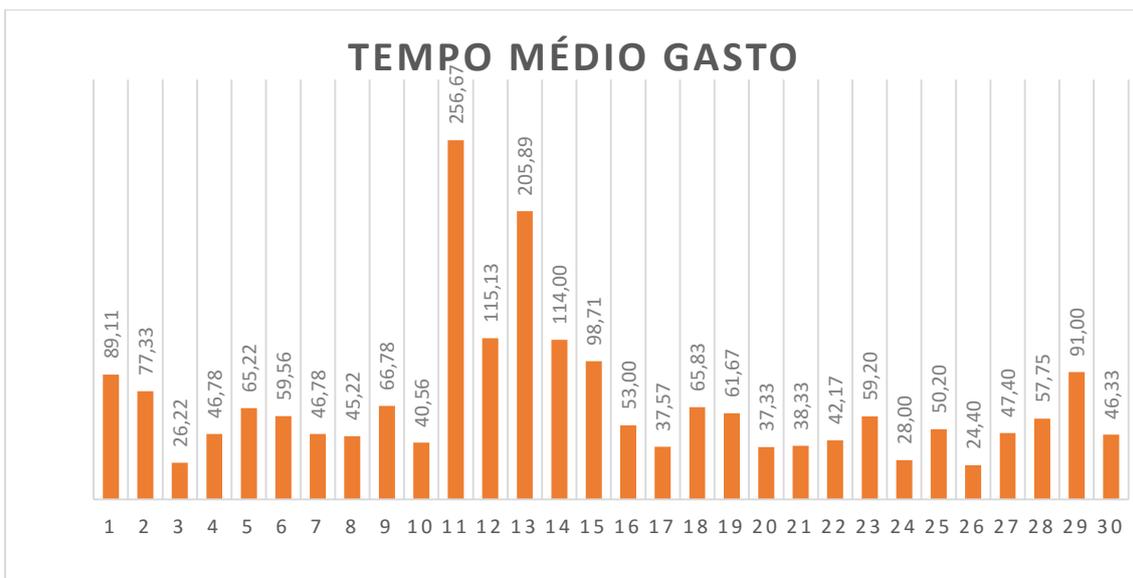


Figura 27- Média dos tempos gastos

A partir de uma consulta rápida pode-se constatar que os alunos perderam mais tempo nas questões 11 e 13. No entanto, estes dados não refletem na totalidade o que realmente se passou porque apenas se referem à interação que o aluno teve durante o teste. Portanto, o aluno pode ter estado numa questão, ter perdido tempo a pensar, e não ter chegado sequer a respondê-la.

Consultando os dados referentes à percentagem de perguntas consultadas (tabela 4) durante a realização do teste pode-se verificar que 3 alunos consultaram apenas aproximadamente 50% do teste. Isto leva a que nas perguntas precedentes à metade do teste seja onde ficaram mais tempo a pensar em como resolver a questão.

Tabela 4 - Percentagem de teste consultado

	Percentagem perguntas consultadas
aluno1	73,33%
aluno2	53,33%
aluno3	56,67%
aluno4	90,00%
aluno5	100,00%
aluno6	43,33%
aluno7	93,33%
aluno8	100,00%
aluno9	90,00%

O aluno6 apresenta apenas 43%, pode-se estar perante o típico aluno que só avança quando realiza uma questão com sucesso. Consultando o gráfico de desempenho do mesmo aluno, é possível verificar que existe uma evolução na quantidade de tempo gasto à medida que avança no teste. A dificuldade a partir da pergunta dez aumentou, começando a demorar mais tempo para conseguir resolver as questões. Estes tempos elevaram-se a números significativamente grandes, tal como 5 minutos na questão doze e treze minutos na questão treze.



Figura 28 - Tempos gastos do aluno 6

Este aluno deve ser aconselhado a não gastar tanto tempo numa só questão, mas sim a ir consultando as questões seguintes pois poderia conseguir resolver algumas delas.

O aluno5 e o aluno8 foram os únicos que consultaram todas as perguntas do teste pois apresentam 100%. Analisando inicialmente a tabela 5, que apresenta a diferença entre as perguntas consultadas, as perguntas respondidas e as perguntas corretas, constata-se logo que os alunos estiveram em 30 perguntas mas que só responderam no caso do aluno8 a 24 delas.

Tabela 5 - Dados acerca das perguntas

	Consultadas	Respondidas	Corretas
Aluno5	30	30	30
Aluno8	30	24	23

O aluno5 consultou como já visto anteriormente todas as perguntas e respondeu corretamente a todas elas, mas por sua vez o aluno 4 consultou as 30 perguntas, respondeu a 24 e acertou em 23. Comparando através do gráfico presente na Figura 29 as interações durante o teste em cada pergunta com as perguntas que não respondeu, é possível ver que temos uma área significativa de perdas de tempo.

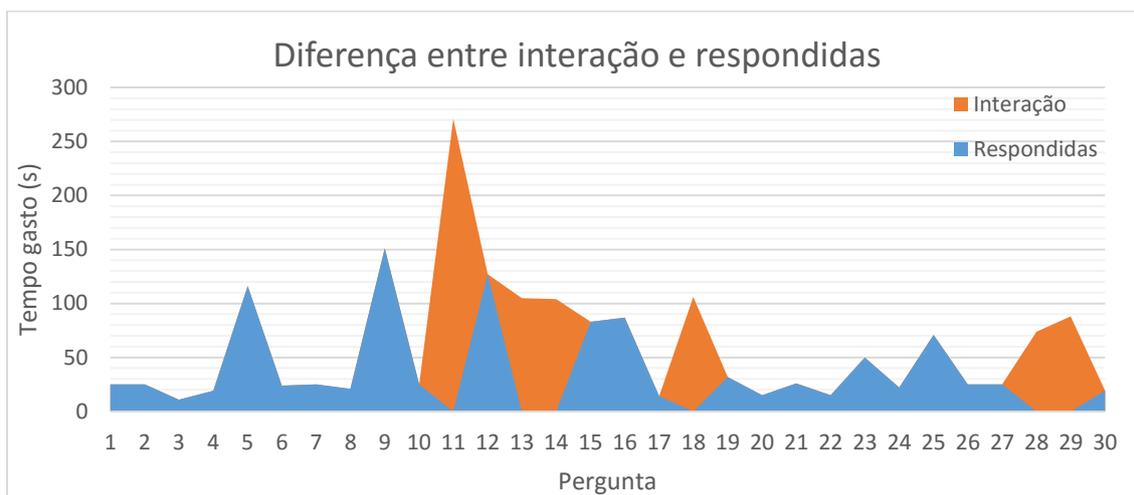


Figura 29 - diferença entre a interação e as perguntas respondidas

Realizando os cálculos do tempo total utilizado durante a interação (30 minutos) e retirando o que perdeu nas perguntas que não respondeu (aproximadamente 17 e meio) fica-se com um tempo “desperdiçado” total de aproximadamente 12 minutos e meio. Este tempo não é obviamente desperdiçado, foi o tempo que o estudante utilizou para resolver a pergunta mas que mesmo assim foi em vão. Com este tipo de gráfico o professor consegue mais facilmente focalizar-se no estudo de toda a informação que possui ao seu dispor.

Para o professor ser capaz de saber quem foi o melhor e principalmente o pior em determinada questão é possível retirar da informação dos dados recolhidos. Como se trata de um teste com muitas perguntas ficaria impossível de se ver a comparação de todas as perguntas com todos os alunos no mesmo gráfico. Optou-se então por apresentar o gráfico presente na Figura 30, como exemplo, para demonstrar um bom tipo de gráfico para perceber quais os alunos que tiveram mais dificuldades em certa pergunta.

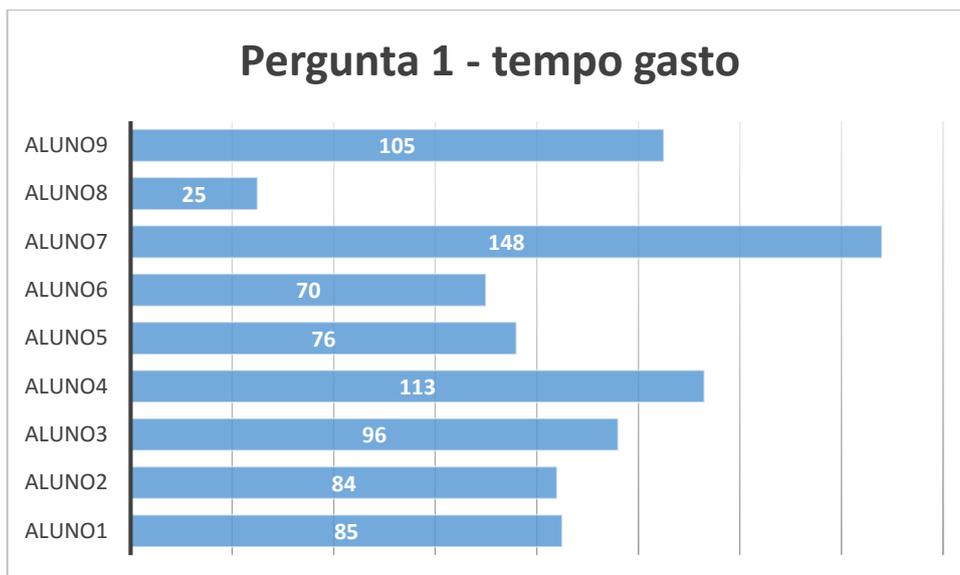


Figura 30 - Tempo gasto pelos alunos na pergunta 1

Para perceber onde cada aluno tem dificuldades, o professor tem de saber onde o aluno gastou o tempo no decorrer do teste. O gráfico seguinte é um exemplo do percurso do aluno ao longo do teste e é possível ao professor perceber que este aluno gastou demasiado tempo na pergunta 1,6,11 e 23. O professor, pode assim, verificar quais são os temas a que se referem estas perguntas e falar com o aluno de modo a ajudá-lo nessa matéria.

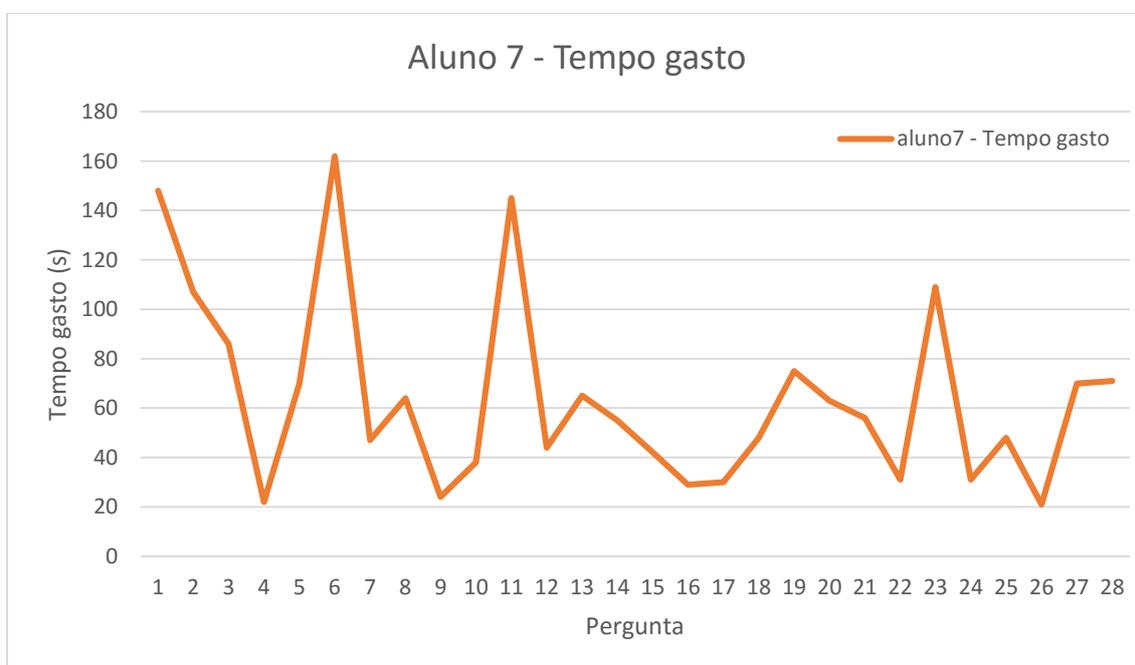


Figura 31 - Tempos gastos pelo aluno 7

Mas para se perceber se o aluno tem mesmo dificuldade é necessário determinar um tempo estimado para a realização de cada questão. Isto é, o

professor pode definir para si mesmo os tempos que os alunos deveriam utilizar para conseguir realizar a pergunta.

De modo a perceber-se esta abordagem, o gráfico presente na Figura 32 demonstra com a utilização da média de toda a turma, em vez desses tempos específicos, a comparação com os tempos do aluno pretendido (neste caso aluno4).

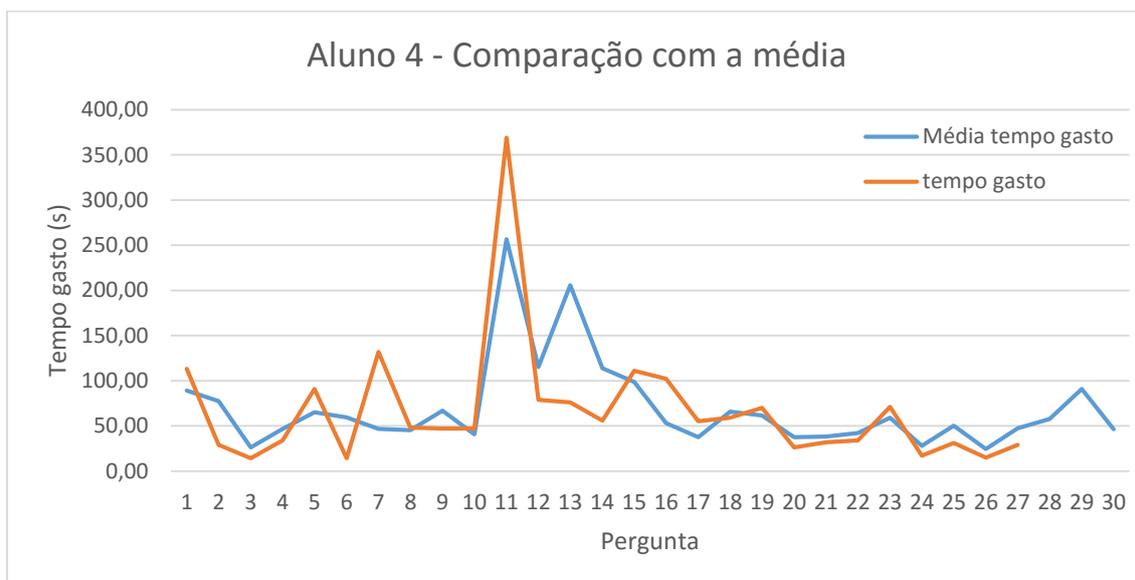


Figura 32 - Comparação entre os tempos gasto pelo aluno 4 com a média

Estes gráficos apresentados nesta secção são fundamentais para que o professor possa perceber o desempenho e dificuldades dos seus alunos, portanto devem ser empregues na aplicação.

Mais tarde quando o professor tiver mais que um teste poderá consultar através de possíveis comparações os resultados obtidos anteriormente com os de agora com um simples gráfico.

6.3 Conclusões

Pela análise realizada é possível verificar que é exequível medir a performance dos alunos nos momentos de avaliação e que somos capazes de compilar informação importante para o professor. Aqui, por exemplo, mostra-se que a performance do aluno aumenta com os níveis de stress. O 'tempo', bem como a dificuldade das perguntas, vai aumentando o nível de stress levando os alunos a tomarem medidas associadas à melhoria de desempenho.

Conclui-se que se possui as ferramentas necessárias para ajudar os professores a acompanhar mais atentamente os alunos no seu desenvolvimento escolar. Através de mais estudos, é possível colocar mais alunos em mais momentos de avaliação e a partir dessa maior quantidade de informação classificar os valores captados. Deste modo, pretende-se criar um conjunto de intervalos que determinem o desempenho do aluno por categorias (por exemplo, muito baixo, médio, bom, muito bom, excelente). O professor teria mais rapidamente a informação de como está a correr o teste aos alunos e possuiria também a informação mais detalhada na aplicação para consulta se desejado.

7 Conclusão

Com o estudo dos temas referidos nesta dissertação foi possível perceber que o mundo da educação está em constante evolução. É bem visível a aposta feita pela educação em acompanhar a evolução da tecnologia de modo a apoiar o seu desenvolvimento. O aparecimento de várias alternativas para suportar a aprendizagem e também a gradual adaptação das instituições às necessidades, foram o motivo do seu sucesso. A educação à distância tornou-se essencial nos tempos que correm e é necessário proporcionar o melhor aproveitamento das tecnologias para esse efeito.

Toda esta evolução pode levar a um afastamento entre o professor e o aluno (relacionamento social) porque a interação pode ser apenas na aula e, se essas aulas não tiverem a participação do aluno, o professor deixa de conhecer o aluno. Com base nisto, o sistema aqui proposto permite ao professor acompanhar o aluno não só durante o ano letivo mas principalmente nos seus momentos decisivos, os momentos de avaliação.

Os resultados deste trabalho mostram que ambas as questões avançadas no ponto 4.1 são de facto verificáveis. Isto é, (1) há de facto um efeito destes processos nos nossos padrões de interação e (2) este efeito pode ser quantificado de forma a avaliar a intensidade do processo respetivo. A abordagem daqui resultante permitirá o desenvolvimento de aplicações que, de forma contínua e não-intrusiva, classificam o estado dos seus utilizadores. Não só professores podem usufruir destas aplicações mas também gestores de equipas, coordenadores e responsáveis por recursos humanos poderão fazer uso desta informação nos seus processos de tomada de decisão, melhorando a gestão dos seus colaboradores. Isto poderá potencialmente resultar num ambiente de trabalho com mais qualidade, onde os efeitos da competitividade no bem-estar dos colaboradores são atenuados, com um impacto positivo não apenas na qualidade mas também na quantidade do trabalho desenvolvido.

Com os resultados obtidos foi possível confirmar que a ideia inicial de ajudar os professores é realizável. Comprovou-se que os alunos apresentaram um aumento da performance ao longo do momento de avaliação, e conseqüentemente que a ferramenta é muito útil para os professores. Gráficos como: o tempo médio utilizado em cada pergunta; comparação entre todos os

alunos do tempo gasto (interação) numa determinada pergunta; interação do aluno em cada pergunta; a comparação entre a interação em todas as perguntas com as perguntas a que respondeu; comparação da interação com um conjunto de tempos especificados pelo professor; comparação da interação com a média da turma. Com estes gráficos disponíveis, é possível perceber as dificuldades dos alunos e assim permite ao professor acompanhá-los mais de perto.

Para enriquecer ainda mais o sistema, a melhor escolha seria a utilização de mais agentes agressores para perceber até que ponto a performance das pessoas melhoraria e em outras até que ponto poderia piorar. Cada vez se sabe mais que muitas pessoas gostam de estudar ou trabalhar com uma música de fundo, acham agradável e por vezes motivadoras.

Propõe-se que no futuro se realize uma experiência num estado “normal” de aula, onde o silêncio perdura e a concentração é total, e outra experiência num estado “fora do normal”, com o mesmo grupo de pessoas, onde se colocaria a reproduzir diferentes estilos de músicas ao longo da prova. Existem muitas variações possíveis que se pode adotar de modo a perceber o que realmente pode interferir com o desempenho do aluno. Este tipo de testes é uma mais-valia para perceber o que pode piorar ou melhorar, por vezes, o desempenho não só de um aluno mas até do bom funcionamento da sala de aula e do restante do ano letivo.

8 Bibliografia

- [1] J. Buchanan, A. Heaps, K. Purcell e L. Friedrich, *How Teachers Are Using Technology at Home and in Their Classrooms*, Washinton, 2013.
- [2] J. Dunn, "20 Surprising Stats About Technology Use In College," presta, 21 May 2012. [Online]. Available: <http://www.edudemic.com/20-surprising-stats-about-technology-use-in-college/>. [Acedido em January 2015].
- [3] "infopedia," Porto Editora, [Online]. Available: <http://www.infopedia.pt/dicionarios/lingua-portuguesa/intelig%C3%A2ncia>. [Acedido em January 2015].
- [4] C. Nikopoulos, *Introduction to First and Second Generation and Hybrid Knowlegde Based System*, Marcel Dekker inc Press, 1997.
- [5] "Dictionary.com," [Online]. Available: <http://dictionary.reference.com/browse/artificial+intelligence>. [Acedido em January 2015].
- [6] B. F. Skinner, "The science of learning and theart of teaching," Havard, *Harvard Educational Review*, pp. 86-97.
- [7] B. F. Skinner, "Teaching Machines," pp. 969-977.
- [8] N. A. Crowder, "Automatic tutoring by means of intrinsic programming," em *In Automatic Teaching: The State of the Art*, Wiley, New York, 1959, pp. 109-116.
- [9] L. Uhr, "Proceedings of the 24th National Conference," em *Teaching machine programs that generate problems as a function of interaction with students*, 1969, pp. 125-134.
- [10] P. Suppes, "Some the or etical models for mathematics learning," em *Journal of Research and Development in Education*, 1967, pp. 5-22.
- [11] P. Woods e J. R. Hartley, "Some learning models for arithmetic tasks and their use in computer-based learning," em *British Journal of Educational Psychology*, 1971, pp. 35-48.

- [12] J. R. Carbonell, "AI in CAI: an artificial intelligence approach to computer-assisted instruction," em *IEEE Transactions on Man-Machine Systems*, 1970, pp. 190-202.
- [13] A. Bonnet, "Artificial Intelligence: Promise and Performance," em *Prentice Hall*, London, 1985.
- [14] A. Barr e E. A. Feigenbaum, "The Handbook of Artificial Intelligence," Kaufmann, Los Altos, 1982.
- [15] E. Wenger, "Artificial Intelligence and Tutoring Systems," Morgan Kaufmann, Los Altos, CA, 1987.
- [16] H. L. Burns e C. G. Capps, "Foundations of intelligent tutoring systems: an introduction," em *In Foundations of Intelligent Tutoring Systems*, Lawrence Erlbaum, London, 1988, pp. 1-19.
- [17] H. Mandl e A. Lesgold, "Learning Issues for Intelligent Tutoring Systems," Springer-Verlag, London, 1988.
- [18] G. B. Jackson, "Intelligent Tutoring Systems," em *The George Washington University*, 2002.
- [19] M. F. Paulsen, "Online Education Systems: Discussion and Definition of Terms," NKL Distance Education, 2002.
- [20] "talentlms," Epignosis LLC, [Online]. Available: <http://www.talentlms.com/elearning/what-is-a-lms>. [Acedido em 20 01 2016].
- [21] E. Aarts e B. Ruyter, "New research perspectives on Ambient Intelligence," *Journal of Ambient Intelligence and Smart Environments*, vol. 1, p. 5–14, 2009.
- [22] N. P. Preuveneers D., "A survey of software engineering best practices for the development of smart applications in Ambient Intelligence," *Journal of Ambient Intelligence and Smart Environments*, vol. 4, pp. 149-162, 2012.
- [23] D. Carneiro, R. Costa, P. Novais, J. Neves, J. Machado e J. Neves, "Simulating and Monitoring Ambient Assisted Living," *Proceedings of the ESM 2008 - The 22nd annual European Simulation and Modelling Conference*, pp. 175-182, 2008.

- [24] J. Schacter, *The Impact of Education Tecnology on Student Achievment*, Santa monica, California: Miken Family Foundation, 1999.
- [25] W. Cury, *CALEB PHILLIPS: A PIONEER SHORTHAND TEACHER*.
- [26] Michigan, *ONLINE EXPERIENCE*, Michigan Department of Education .
- [27] J. Cross, "An Informal History of eLearning," em *On The Horizon*, Emerald, 2004, pp. 103-110.
- [28] M. F. Paulsen, *Online Education Systems: Discussion and Definition of Terms*, NKI Distance Education, 202.
- [29] R. Gogos, "efrontl," 15 08 2013. [Online]. Available: <http://www.efrontlearning.net/blog/2013/08/a-brief-history-of-elearning-infographic.html>. [Acedido em 20 01 2016].
- [30] A. Watters, "hackededucation," 04 02 2015. [Online]. Available: <http://hackededucation.com/2015/02/04/the-automatic-teacher/>. [Acedido em 20 01 2016].
- [31] A. Watters, "hackededucation," 03 02 2015. [Online]. Available: <http://hackededucation.com/2015/02/03/the-first-teaching-machines/>. [Acedido em 2016 01 20].
- [32] O. K. Base, "the University of Tennessee," [Online]. Available: <https://help.utk.edu/kb/index2.php?func=show&e=819>. [Acedido em 21 01 2016].
- [33] A. E. Hickey e J. M. Newton, *COMPUTER -ASSISTED INSTRUCTION A SURVEY OF THE LITERATURE*, Newburyport, Massachusetts, January, 1967.
- [34] J. Capper, *E-LEARNING: CURRENT STATUS AND INTERNATIONAL EXPERIENCE*, World Bank Consultant.
- [35] J. O'Donoghue, G. Singh e C. Green, "A comparison of the advantages and disadvantages of IT based education and the implications upon students.," *Interactive Educational Multimedia*, pp. 63-76, 2004.
- [36] J. G. d. Lencastre, L. F. Vieira e R. Ribeiro, *Estudo das Plataformas de eLearning em Portugal*, Lisboa: DeltaConsultores Tecnologia e Recursos Integrados L.da, 2007.

- [37] Moodle, "About Moodle," Moodle, [Online]. Available: https://docs.moodle.org/28/en/About_Moodle. [Acedido em 01 2015].
- [38] J. Barrish, "Top Learning Management System Software Products," Capterra, 15 October 2014. [Online]. Available: <http://www.capterra.com/learning-management-system-software/#infographic>. [Acedido em Janeiro 2015].
- [39] S. Besana, "Case Study: il Social Learning in pratica," 23 March 2012. [Online]. Available: <http://sociallearning.it/2012/03/23/case-study-il-social-learning-in-pratica/>. [Acedido em January 2015].
- [40] Moodle, "Moodle Statistics," [Online]. Available: <https://moodle.net/stats/>. [Acedido em January 2015].
- [41] Blackboard, "Who we are," [Online]. Available: <http://www.blackboard.com/about-us/who-we-are.aspx>. [Acedido em January 2015].
- [42] S. Fiehl, M. Diaz e A. Solom, 1st European e-learning Barometer, CrossKnowledge, 2011.
- [43] Docebo, E-Learning Market Trends & Forecast 2014 - 2016 Report, Docebo, 2014.
- [44] I. V. Papathanasiou, K. Tsaras, A. Neroliatsiou e A. Roupa, "Stress: Concepts, theoretical models and nursing interventions," *American Journal of Nursing Science*, pp. 45-50, 2014.
- [45] M. Gomes, T. Oliveira, D. Carneiro, P. Novais e J. Neves, "Studying the Effects of Stress on Negotiation Behaviour," *Cybernetics and Systems*, vol. 45, pp. 279-291, 2014.
- [46] J. S. Nevid, S. A. Rathus e B. Greene, "Stress, Psychological Factors, and Health," em *Abnormal Psychology in a Changing World*, Pearson, 2009, pp. 141-168.
- [47] Krohne e H. W. Johannes, Stress and Coping Theories, Germany, 2012.
- [48] V. H. Rice, "Theories of Stress and Its Relationship to Health," em *Handbook of Stress, Coping, and Health: Implications for Nursing Research, Theory, and Practice*, SAGE Publications, 2011, pp. 22-26.

- [49] I. Kranner¹, F. V. Minibayeva², R. P. Beckett³ e C. E. Seal, What is stress? Concepts, definitions and applications in seed science., 2010.
- [50] J. Anderson, L. Reder e H. Simon, "Educational Researcher," em *Situated learning and education*, 1996, pp. 5-11.
- [51] M. Eysenck e M. Keane, Psychology Press, 2005.
- [52] I. Donald, P. Taylor, S. Johnson, C. Cooper, S. Cartwright e S. Robertson, "Work environments, stress, and productivity: An examination using ASSET," *International Journal of Stress Management*, vol. 12, nº 4, pp. 409-423, 2005.
- [53] P. E. Greenberg, L. E. Stiglin, S. N. Finkelstein e E. R. Berndt, "The economic burden of depression in 1990," *The Journal of clinical psychiatry*, vol. 54, nº 11, pp. 405-418, 1993.
- [54] P. J. Rosch, "The quandary of job stress compensation," *Health and Stress*, vol. 3, pp. 1-4, 2001.
- [55] M. Satyanarayanan, "Challenges in Implementing a Context-Aware System," *IEEE Pervasive Computing*, vol. 1, nº 3, p. 2, 2002.
- [56] A. K. DEY, Understanding and Using Context, Atlanta USA, 2001.
- [57] C. Bolchini, C. Curino, E. Quintarelli, F. Schreiber e L. Tanca, "Context information for knowledge reshaping," *Int. J. Web Engineering and Technology*, vol. 5, nº 1, 2009.
- [58] A. Aztiria, J. C. Augusto, R. Basagoiti, A. Izaguirre e D. J. Cook, Discovering Frequent User-Environment Interactions in Intelligent Environments, 2010.
- [59] C. Bell e K. Smith, U.S. Patent Application, 2004.
- [60] J. M. Weiss, "Somatic effects of predictable and unpredictable shock," *Psychosomatic Medicin*, vol. 32, nº 4, pp. 397-408, 1970.
- [61] D. Jones, T. Tanigawa e S. Weiss, "Stress management and workplace disability in the US, Europe and Japan," *J Occup Health*, vol. 45, nº 1, pp. 1-7, 2003.
- [62] CDIP - *Chartered Institute of Personnel and Development: Building the business case for managing stress in the workplace*, 2008.

- [63] K. Eisen, G. Allen, M. Bollash e L. Pescatello, "Stress management in the workplace: A comparison of a computer-based and an in-person stress-management intervention," *Comput. Hum. Behav.*, vol. 24, n° 2, pp. 486-496, 2008.
- [64] S. Ackroyd e J. Hughes, "Data Collection in Context," *Longman*, 1981.
- [65] K. Popper, "The Logic of Scientific Discovery, reprinted (2004)," *Routledge, Taylor & Francis*, 1959.
- [66] J. Milne, "Questionnaires: advantages and disadvantages," *Evaluation cookbook*, 1999.
- [67] S. Staufenbiel, B. Penninx., A. Spijker, B. Elzinga e E.F.C., "Hair cortisol, stress exposure, and mental health in humans: A systematic review, *Psychoneuroendocrinology*," 2013, pp. 1220-1235.
- [68] A. Barreto, J. Zhai e M. Adjouadi, "Non-intrusive Physiological Monitoring for Automated Stress Detection in Human-Computer Interaction," *HCI*, pp. 29-38, 2007.
- [69] J. Healey e R. Picard, "Detecting stress during real-world driving tasks using physiological sensors," *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, vol. 6, n° 2, 2005.
- [70] E. Jovanov, A. O'Donnell Lords, D. Raskovic, P. Cox, R. Adhami e F. Andrasik, "Engineering in Medicine and Biology Magazine," *IEEE*, vol. 22, n° 3, pp. 49-55, 2003.
- [71] C. Brüser, K. Stadlthanner, S. de Waele e S. Leonhardt, "Adaptive Beat-to-Beat Heart Rate Estimation in Ballistocardiograms.," *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*, vol. 15, n° 5, p. 778–786, 2011.
- [72] L. Bernardi, J. Wdowczyk-Szulc, C. Valenti, S. Castoldi, C. Passino, G. Spadacini e P. Sleight, "Effects of controlled breathing, mental activity and mental stress with or without verbalization on heart rate variability," *Journal of the American College of Cardiology*, vol. 35, n° 6, pp. 1462-1469, 2000.
- [73] M. S. Schwartz e F. E. Andrasik, "Biofeedback: A practitioner's guide.," *Guilford Press*, 2003.

- [74] A. Pimenta, D. Carneiro, P. Novais e J. Neves, "Neural Network to Classify Fatigue from Human-Computer Interaction," *Neurocomputing, Elsevier*, vol. 172, p. 413–426, 2016.
- [75] J. F. Lubar, "Discourse on the development of EEG diagnostics and biofeedback for attention-deficit/hyperactivity disorders," *Biofeedback and Self-regulation*, vol. 16, n° 3, pp. 201-225, 1991.
- [76] R. V. Yampolskiy e J. Fox, *Artificial General Intelligence and the Human Mental Model*, Machine intelligence research institute, 2008.
- [77] F. Bergadano, D. Gunetti e C. Picardi, "User authentication through keystroke dynamics," *ACM Transactions on Information and System Security*, vol. 5, n° 4, pp. 367-397, 2002.
- [78] W. A. Van Dommelen, "The contribution of speech rhythm and pitch to speaker recognition.," *Language and Speech*, vol. 30, n° 4, pp. 325-338, 1987.
- [79] A. Pimenta, D. Carneiro, P. Novais e J. Neves, "Monitoring Mental Fatigue through the Analysis of Keyboard and Mouse Interaction Patterns," *Hybrid Artificial Intelligent Systems - 8th International Conference HAIS 2013*, vol. 8073, pp. 222-231, 2013.
- [80] C. D., J. Castillo, P. Novais, A. Fernández-Caballero e J. Neves, "Multimodal Behavioural Analysis for Non-invasive Stress Detection," *Expert Systems With Applications*, vol. 39, pp. 13376-13389, 2012.
- [81] I. S. f. P. Improvement, *What Is Performance Improvement?*, Silver Spring, USA, 2013.