



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

INSTITUTO DE PSICOLOGIA

LEILA MIGUEL STÁVALE

**MOBILIZAÇÃO ATENCIONAL E MOVIMENTOS OCULARES COMO
INSTRUMENTOS DE INVESTIGAÇÃO E AVALIAÇÃO DO PROCESSO ENSINO-
APRENDIZAGEM**

SÃO PAULO

2020

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE PSICOLOGIA

**MOBILIZAÇÃO ATENCIONAL E MOVIMENTOS OCULARES COMO
INSTRUMENTOS DE INVESTIGAÇÃO E AVALIAÇÃO DO PROCESSO ENSINO-
APRENDIZAGEM**

Tese apresentada ao
Instituto de Psicologia da Universidade
de São Paulo como parte dos requisitos
para obtenção do título de Doutor em
Psicologia

Área de Concentração: Neurociências e
Comportamento

Orientadora: Prof^ª Dr^ª Ivana Britto

SÃO PAULO
2020

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO,
POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA,
DESDE QUE CITADA A FONTE.

Catálogo na publicação
Biblioteca Dante Moreira Leite
Instituto de Psicologia da Universidade de São Paulo

Nome: Leila Miguel Stávale

Título: Mobilização atencional e movimentos oculares como instrumentos de investigação e avaliação do processo ensino-aprendizagem

Tese apresentada ao Departamento Neurociências e Comportamento (NEC) da Universidade de São Paulo (USP) como requisito para a obtenção do título de Doutor.

Aprovado em:

Banca Examinadora

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Assinatura: _____

“What do we mean by "knowledge" or "understanding"? And how do billions of neurons achieve them? These are complete mysteries. Admittedly, cognitive neuroscientists are still very vague about the exact meaning of words like "understand," "think," and indeed the word "meaning" itself.” — V.S. Ramachandran

AGRADECIMENTOS

O desenvolvimento de uma pesquisa em nosso país atualmente atravessa muitas barreiras. Ser professora e pesquisadora de forma concomitante é algo bastante árduo e cansativo. Quando resolvi começar um doutorado na área de Neurociências e Educação tive como mote me aperfeiçoar como docente e trazer melhorias para minhas aulas. Queria entender como o cérebro funcionava durante o aprendizado para que meus alunos pudessem usufruir disso posteriormente. Mas para conseguir realizar este trabalho foi extremamente imprescindível o apoio de diversas pessoas. Quero agradecer:

- A minha família, Márcia de Lourdes Miguel Stávale, Maurício Stávale e Thaís Helena Miguel Stávale, mãe, pai e irmã, respectivamente, que sempre estiveram me incentivando para continuar meus estudos;

- Minha orientadora Profa. Ivana Brito que aceitou trabalhar comigo em um assunto com enfoque diferente do que estava acostumada. Eu não teria conseguido chegar até aqui sem suas ideias sempre pertinentes, correções, críticas e palavras de apoio. Não foi simples ou fácil, mas ela deu a direção certa para este trabalho acontecer da melhor forma possível;

- Ao meu ex-orientador Prof. Hamilton Haddad Júnior que começou esta jornada comigo, mas que, por um motivo alheio a sua vontade, não pode me acompanhar até o fim. Obrigada por todo auxílio e por sua generosidade ao aceitar orientar uma professora que não podia dar dedicação exclusiva, algo raro entre os orientadores;

- Ao meu colega de doutorado Charles Pereira, uma das melhores pessoas que conheci, sempre disposto a me ajudar, dando todo o suporte que precisava nas disciplinas e na pesquisa;

- Ao meu amigo de longa data e ótimo estatístico, Dr. Alex Castro, que tornou a análise estatística algo mais fácil de ser compreendido;

- Ao meu outro amigo prof. Thomas Lane pelo auxílio nas correções de inglês da tese e artigo e pela amizade nestes anos trabalhando juntos;

- A todos os voluntários que se dispuseram de um pouco do seu tempo para me ajudar a entender os processos cognitivos da aprendizagem;

- A todos as outras pessoas que contribuíram, direta e indiretamente, para que eu pudesse fazer esta pesquisa e trazer novos dados sobre os mecanismos neurais envolvidos no processo ensino-aprendizagem.

RESUMO

A aprendizagem é um processo de aquisição do conhecimento sobre os eventos do mundo, decorrentes da experiência individual. Várias evidências têm demonstrado a possibilidade de se utilizar o direcionamento do olhar para analisar o processo ensino-aprendizagem. As técnicas de rastreamento de movimentos oculares têm sido utilizadas no estudo da leitura e da compreensão de figuras e, nos últimos anos, passou a ser utilizado em situações reais de ensino. O presente trabalho teve a intenção de investigar a participação da alocação atencional e de movimentos oculares no processo ensino-aprendizagem. Para isso, registramos o comportamento visual de 52 alunos de graduação durante vídeo aula ministrada com o auxílio de slides. A aprendizagem sobre o tema foi avaliada por questionário pré e pós-aula. Além da análise descritiva do rastreamento da atenção visual detectado *Eye Tracker*, para três áreas de interesse - professor, imagem e texto - organizadas em diferentes áreas temáticas de slides, analisamos as relações entre o número e duração das fixações e visitas do olhar dos alunos com o seu desempenho no questionário pós-aula. A análise de Modelos Lineares Misto demonstrou significativa interação *área temática*área de interesse* para média da duração da fixação ($P < 0,001$, $F_{660;11} = 18,6$), média do número de fixações ($P < 0,001$, $F_{653;11} = 127,4$), média da duração da visita ($P < 0,001$, $F_{654;11} = 69,7$) e média do número de visitas ($P < 0,001$, $F_{654;11} = 88,8$), além de significativa interação *área de interesse*momento da aula* para duração da fixação ($P = 0,03$, $F_{345;3} = 3,0$), número de fixações ($P < 0,001$, $F_{313;3} = 39,5$), duração da visita ($P < 0,001$, $F_{318;3} = 9,7$) e número de visitas ($P < 0,001$, $F_{302;3} = 38,9$). Não houve diferenças em relação aos erros e acertos das questões sobre aprendizado. Embora a análise dos dados tenha colocado o professor seguido da imagem como os elementos mais atendidos ao longo da aula, não foi possível identificar um padrão de comportamento ocular que favorecesse os processos cognitivos envolvidos com a aprendizagem, no modelo aqui proposto. Tomados em conjunto, os resultados do presente trabalho apresentam resultados exploratórios sobre o comportamento ocular que podem direcionar importantes questões metodológicas para futuros trabalhos, como também traz novos questionamentos sobre a importância da interação entre os diversos elementos que compõem uma aula.

ABSTRACT

Learning is a process of acquiring knowledge about the events of the world, arising from the individual experience. A large amount of evidence has demonstrated the possibility of using the direction of the gaze to analyze the teaching-learning process. Techniques for tracking ocular movements have been used in the study of Reading and comprehension of images, and, in the past years, they have begun to be used in real teaching situations. The current work had the intention of investigating the participation of attentional allocation and ocular movements in the teaching-learning process. For that, we recorded the visual behavior of 52 undergraduate students during a video class taught with the aid of slides. Their learning about the topic was assessed through pre- and post-class questionnaires. Besides the descriptive analysis of the visual attention tracking detected by the Eye Tracker, for three areas of interest – teacher, image and text – organized in different thematic areas of slides, we analyzed the relationship between number and extent of the fixations and visits of the students' gaze and their performance in the post-class questionnaire. The analysis of Mixed Linear Models demonstrated a significant thematic area*area of interest interaction for the average of the extent of duration ($P < 0.001$, $F_{660;11} = 18.6$), average of the number of fixations ($P < 0.001$, $F_{653;11} = 127.4$), average of the extent of the visit ($P < 0.001$, $F_{654;11} = 69.7$) and average of the number of visits ($P < 0.001$, $F_{654;11} = 88.8$), as well as a significant area of interest*moment of the class interaction for the extent of the fixation ($P < 0.03$, $F_{345;3} = 3.0$), the number of fixations ($P < 0.001$, $F_{313;3} = 39.5$), the extent of the visit ($P < 0.001$, $F_{318;3} = 9.7$) and the number of visits ($P < 0.001$, $F_{302;3} = 38.9$). There was no difference in relation to the errors and successes in the questions about learning. Although the analysis of the data placed the teacher followed by the image as the most focused on elements throughout the class, it was not possible to identify a pattern of ocular behavior which would favor the cognitive processes involved in learning, in the model proposed here. Taken as a whole, the results of the current research present exploratory results about ocular behavior which may direct important methodological questions for future research, as well as bringing new questioning about the importance of the interaction of the diverse elements which compose a class.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Imagem do <i>Eye Tracker</i> utilizado nos experimentos.....	11
Figura 2. Alocação atencional captada pelo <i>Eye Tracker</i>	12
Figura 3. Imagens da aula gravada utilizada no experimento.....	12
Figura 4. Slide estruturado com texto e imagem de um exemplo de comportamento.....	13
Figura 5. Média da duração e do número de fixações e visitas por área temática [imagem (AT1), texto lido (AT2), texto não lido (AT3), texto lido + imagem (AT4), texto não lido + imagem (AT5)] e área de interesse (Imagem, Professor, Texto e Título).....	22
Figura 6. Média da duração e número de fixações e visitas por área temática e área de interesse durante a introdução e parte principal da aula.....	24
Figura 7. Média da duração e do número de fixações e visitas por área de interesse (Imagem, Professor e Texto) e subgrupo baseado em acerto/erro na questão dissertativa 1C.....	26
Figura 8. Média da duração e número de fixações e visitas por área de interesse (Imagem, Professor e Texto) e subgrupo baseado em acerto/erro na questão dissertativa 3.....	28
Figura 9. Média da duração e número de fixações e visitas por área de interesse (Imagem, Professor e Texto) e subgrupo baseado em acerto/erro na questão dissertativa 4.....	30

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Associação entre sexo e saúde mental dos alunos com acertos na questão 1.....	16
Tabela 2. Associação entre dados demográficos e acertos nas questões dissertativa 2, 3 e 4.....	16
Tabela 3. Associação entre apreciação do tema da aula pelos alunos e acerto nos subitens da questão 1.....	18
Tabela 4. Associação entre apreciação do tema da aula pelos alunos e acerto nas questões 2, 3 e 4.....	19

Sumário

RESUMO.....	vi
ABSTRACT.....	vii
LISTA DE FIGURAS.....	viii
LISTA DE TABELAS.....	ix
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. O ambiente de ensino-aprendizagem.....	1
1.2. Processo de ensino-aprendizagem.....	2
1.3 Atenção seletiva no processo ensino-aprendizagem.....	4
1.4. Movimentos oculares.....	6
1.5. Atenção e movimentos oculares como métodos de investigação e avaliação do processo ensino-aprendizagem.....	7
2. OBJETIVOS.....	9
2.1 Objetivos gerais.....	9
2.2 Objetivos específicos.....	9
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	10
3.1 Participantes.....	10
3.2. Panorama geral dos procedimentos experimentais.....	10
3.3. Panorama detalhado dos procedimentos experimentais.....	12
4. RESULTADOS.....	15
5. DISCUSSÃO.....	30
6. CONCLUSÕES.....	36
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	37
8. ANEXOS.....	46

1. INTRODUÇÃO

1.1 O ambiente de ensino-aprendizagem

Escola é um termo oriundo da língua grega e remete a “lugar do ócio” pois quando criada tinha o objetivo de ser um local para reflexões durante o tempo livre das pessoas. Com o passar dos séculos, ela acabou se transformando em uma instituição que fornece instruções e formações necessárias para o desenvolvimento do saber, mas que também traz “comportamentos e valores, que se articulam em torno da didática, da racionalidade e da disciplina” (Arriada *et al.*, 2012).

Atualmente, a educação é um direito universal de todo ser humano, segundo a Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO). De acordo com a Conferência de Jomtien (1990), as necessidades educativas fundamentais vão além das importantes ferramentas relacionadas com a aprendizagem como leitura, escrita, cálculo e resolução de problemas. Elas também estão inseridas nos conteúdos que levam à construção do conhecimento, bem como de valores e atitudes, mostrando-se de grande relevância para o ser humano quando se trata de desenvolvimento de capacidades, aprimoramento de qualidade de vida, tomada de decisões, entre outras (Declaração Mundial sobre Educação para Todos, 1990).

O ambiente da sala de aula tem o intuito de propiciar os instrumentos listados acima e coloca o professor, na maioria das vezes, como o agente ativo na transmissão do conhecimento e os alunos em indivíduos passivos na busca pelo aprender. Durante uma aula se utiliza diversos equipamentos, principalmente a lousa e projetores de slides, para difundir o ensino sobre determinado conteúdo. A grande quantidade de estímulos envolvidos durante uma aula pode tornar a tarefa de aprendizagem complexa para um aluno. Como ele conseguiria saber o que é importante naquele momento em detrimento do que deveria ser simplesmente ignorado? Alunos mais velhos teriam mais experiência para determinar o que é relevante do que os mais jovens?

Nas últimas décadas, as perguntas acima começaram a ser analisadas por outra perspectiva, sob a luz da neurociência (Chipman, 1986). É de senso comum que não se pode desvincular aprendizagem e funcionamento cerebral, mas durante um grande período pesquisadores não conseguiam identificar como o conhecimento dessa área poderia ser utilizado em termos práticos numa sala de aula (Bruer, 1997). Hoje, estudos colocam que “a neurociência e a psicologia cognitiva devem funcionar em sinergia, fornecendo ferramentas complementares para entender a mente e agir em conjunto para melhorar a educação” (Sigman *et al.*, 2014).

Algumas pesquisas recentes vão de encontro ao que foi exposto acima. Por exemplo, é bastante evidente a movimentação das mãos do professor ao longo de explicações em sala de aula tanto durante a fala, como para o apontamento de figuras e/ou textos na lousa. Pereira & Haddad (2015) realizaram

um estudo que mostrou o papel da gesticulação espontânea no ensino-aprendizagem de língua estrangeira. Seus experimentos comprovaram que os gestos são de grande importância para a compreensão de uma nova língua, ou seja, há uma relação significativa entre comunicação verbal (fala) e não-verbal (gestos) para que o aprendizado seja bem-sucedido.

Outro estudo interessante foi realizado por Dikker *et al.* (2017) ao tentar elucidar a importância de um professor em sala de aula. Ele utilizou um eletroencefalograma portátil em um grupo de alunos para medir suas ondas cerebrais durante a explicação de um conteúdo por duas maneiras diferentes: exposição do assunto através de uma aula gravada (vídeo) ou por meio de uma palestra ministrada por um docente. Os resultados mostraram que os vídeos foram associados a maior sincronia cerebral entre os estudantes do que a palestra, mas não por compreenderem melhor a aula gravada, e sim de acordo com a preferência do aluno pelo professor que realizava a apresentação.

É importante analisar também o ambiente da sala de aula em si. Diversos estudos demonstraram como o design estrutural do local pode promover maior aprendizado ou ser um possível distrator para a maioria dos alunos (Heschong *et al.*, 2000; Barrett *et al.*, 2015; Sætra, 2020). Um fator importante diz respeito a luminosidade como um impacto positivo no entendimento de crianças em matérias como leitura e matemática. Aqueles que possuíam um olhar direto para janelas conseguiam uma visão maior do ambiente externo e recebiam mais luz, o que proporcionou um aprendizado melhor. Diferentemente do que se pensava, isso não constituiu uma perda de atenção, mas em um aumento do ensino pois os movimentos da visão estavam associados a um relaxamento mental e maior estímulo cerebral (Aumann *et al.*, 2003). Outro item a ser analisado é a disposição de carteiras. É comum encontrar nas salas de aula carteiras enfileiradas, mas o uso delas em diferentes posições traz benefícios para os estudantes. Alguns pesquisadores demonstraram que a forma como os móveis são dispostos neste local pode fornecer maior organização de materiais, novas áreas para aprendizado, aproximação entre estudantes com maior ou menor desempenho acadêmico e aumento da acessibilidade e tráfego dos alunos. Isso auxiliaria aqueles com dificuldade de aprendizado ou com transtornos de atenção que conseguiriam ter uma visão melhor do material presente na sala, por exemplo. Também criaria uma maneira de colocar estudantes com dificuldades na matéria mais próximos daqueles que já se apropriaram do conteúdo, mostrando a importância do aprendizado colaborativo (Gaurdino & Fullerton, 2013; Sætre, 2020). Diante desses estudos, é possível observar como o ambiente escolar pode interferir no entendimento dos alunos. Aquelas com uma estrutura rígida e igual para qualquer grupo de estudantes pode inviabilizar a criatividade, desenvolvimento cognitivo e levar a distrações atencionais mais significativas do que se supunha anteriormente.

1.2 Processo ensino-aprendizagem

O aprendizado tradicional das salas de aula em que o professor transmite o conteúdo e os estudantes ficam apenas sentados escutando a explicação continua sendo o método de educação mais utilizado. Neste tipo de ambiente, as instruções explícitas induzem o aprender, enquanto fora dele há um aprendizado implícito de acordo com as experiências vividas (Bassett & Mattar, 2017). Há muitos sistemas alternativos baseado em saberes pedagógicos crescendo continuamente. Isso se mostra não apenas nos diversos estudos que apontam formatos diferenciados de se aprender, mas também na maneira como isso é aplicado.

Uma teoria muito difundida é a do aprendizado significativo, onde a aprendizagem pode ser dita significativa quando uma nova informação ou conceito adquire significado por meio da “ancoragem em aspectos relevantes da estrutura cognitiva preexistente do indivíduo” (Ausubel, 1968). Na aprendizagem significativa há uma ênfase na interação entre o novo conhecimento e o já existente, na qual ambos se modificam. Dentro desse arcabouço teórico, Joseph Novak tem desenvolvido estudos acerca de como estudantes desenvolvem mapas conceituais durante o aprendizado de biologia (Novak, 1981) e na aprendizagem em geral (Novak & Gowin, 1984).

A forma como uma instrução é dada durante uma aula também pode ser crucial para o aprendizado. Suprayogi e colaboradores (2017) realizaram um estudo com professores da Indonésia que utilizaram diferentes tipos de explicações sobre algo a seus alunos. Eles se basearam no fato de que é impossível ensinar de forma uniforme para todos os estudantes de uma sala de aula levando em consideração o fato de que os indivíduos possuem níveis de linguagem, motivações, habilidades e necessidades diferentes. Os resultados mostraram uma crescente incidência na aplicação de formatos variados de ensino nas salas de aula, sendo muito dependente da eficácia dos professores, suas crenças de ensino, experiência docente, desenvolvimento profissional, certificação do professor e tamanho da sala de aula.

Neste cenário é importante citar a educação integrativa de Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática (STEM), reconhecida em todo o mundo por apresentar bons resultados no ensino de diferentes áreas de maneira interdisciplinar. Ela se baseia no envolvimento dos alunos no ensino por investigação, onde são orientados a realizar algumas tarefas utilizando a metodologia científica (formulação de hipóteses de pesquisa, planejamento e condução de experiências, análise e interpretação de dados). São fornecidas orientações pelos professores, além de terem disponíveis ferramentas digitais como laboratórios on-line, por exemplo. Sua abordagem diferenciada é devido ao caráter exploratório do aprendizado, onde o estudante é um agente ativo que define um fenômeno natural que deseja estudar e, assim, desenvolve o senso crítico, autonomia, criatividade e raciocínio lógico para entender seu funcionamento (Sergis *et al.*, 2017).

Todos os tipos de ensino-aprendizagem relatados acima utilizam diferentes métodos, mas não tentam entender como se desenvolvem os mecanismos neurais e cognitivos subjacentes aos processos

perceptuais e sensório-motores envolvidos na aprendizagem. Um estudo mais aprofundado neste sentido poderia auxiliar no fornecimento de novas estratégias de ensino, além de validar e/ou aprimorar aquelas que já existem. Isso é possível ser encontrado em diversos trabalhos que utilizam neuroimagem, uma técnica que ajuda no entendimento do conhecimento conceitual ao identificar as áreas de processamento espacial e abstrato. Mareschal (2016) relatou pesquisas envolvendo neuroimagem que evidenciam a importância da inibição seletiva de conhecimentos prévios adquiridos com a idade ou experiência no aprendizado de matemática e ciências. Yang & Fischer (2010) descreveram experimentos que utilizam crianças disléxicas para entender o aprendizado da leitura. Descobriu-se que o campo visual delas é diferente daqueles que não possuem essa anomalia devido a alterações na sensibilidade da fóvea (centro da retina que forma imagens com maior resolução) (Schneps *et al.*, 2007). Blanco *et al.* (2015) mostraram que o sono é importante na consolidação de memórias, principalmente as de potenciação de longo prazo (LPT). Essas conexões entre neurônios seriam reforçadas e reorganizadas enquanto se dorme. Como dito acima, a aprendizagem é uma consolidação da memória, ou seja, há um estreito vínculo entre elas.

Alguns trabalhos utilizam diferentes ferramentas para validar o aprendizado. Utriainen e colaboradores (2017) modificaram um questionário que avalia o processo ensino-aprendizagem e o ambiente onde isso se dá para estudantes universitários finlandeses. Ele foi dividido em três partes: ambiente de ensino-aprendizagem, abordagem do estudante para aprender e pensamento crítico. Os resultados mostraram uma grande correlação entre as partes, como, por exemplo, ao relatar que alunos mais organizados possuem um pensamento mais crítico ao serem expostos a ambientes mais encorajadores para aprender.

Diante de todo o exposto, fica evidente uma interligação entre áreas até então pouco conectadas como neurociência, psicologia e educação. Assim, a melhor compreensão de como os processos cognitivos relacionados à atenção, aprendizagem e memória se desenvolvem em diferentes dinâmicas de aula podem contribuir fortemente para a integração desses saberes e, conseqüentemente, para o processo ensino-aprendizagem dos alunos.

1.3 Atenção seletiva no processo ensino-aprendizagem

A atenção não apenas determina qual informação será percebida e armazenada (Knudsen, 2007) mas refere-se a diversas funções executivas, como por exemplo, o foco seletivo. Ela também é dividida em quatro funções básicas, como detecção de sinais (estímulos específicos que aparecem), atenção seletiva (quando se escolhe qual estímulo se focar), atenção dividida (várias tarefas sendo atendidas de uma vez) e busca (procura pelo sinal mais relevante dentre vários outros) (Sternberg, 2010).

A atenção seletiva é aquela onde o indivíduo direciona o seu olhar para algo de modo consciente e isso implica em não distinguir outros estímulos sensoriais a sua volta. Esse processo causa uma cegueira inatencional e implica em uma construção do ambiente de acordo com cada parte que é realmente observada de forma atenta (Simons & Levin, 1997, Kandel *et al.*, 2000).

Há diversas redes neurais envolvidas com a atenção, como alerta, execução e orientação. Elas se relacionam com partes diferentes do cérebro (exemplo: locus coeruleus, lobos frontal, temporal e parietal), sendo que a orientação é importante na infância para o autocontrole emocional e cognitivo (Posner & Rothbart, 2014). O aprendizado em sala de aula ou fora dela está ligado com esse autocontrole, como sugerido por Kim *et al.* (2016) através de um estudo sobre o controle da atenção e integração visual-motora em crianças que entram no Ensino Fundamental 1. Há uma grande dificuldade na progressão dos estudos em crianças que saem do Ensino Infantil e passam para séries mais avançadas, mas professores relataram que aquelas com maior controle da atenção possuíam habilidade superior para se concentrar. Além disso, conseguiam focar na instrução mais importante e tinham um comportamento mais tranquilo, sem muita impulsividade.

No Modelo Espacial desenvolvido por Atkinson & Shiffrin (1968), a atenção determinaria, a partir de uma determinada memória sensorial, que tipo de informação seria armazenada em uma memória de curto prazo para poder, posteriormente, se consolidar numa memória de longa duração. Atualmente, existem diversos modelos comportamentais, cognitivos e neurofisiológicos de aprendizado e memória, tanto de curta quanto de longa duração (Gazzaniga *et al.*, 2006). Em todos eles, a participação de sistemas de seleção atencionais continua decisiva.

São descritos alguns benefícios importantes que a atenção traz, como deixar o indivíduo consciente sobre o ambiente onde está, promover lembranças e sensações resultantes da sua interação com a memória e que auxiliam na forma de identificação pessoal e ajudar no controle/planejamento de ações (Sternberg, 2010).

O controle da atenção visual envolve diversas partes do sistema nervoso, destacando-se o córtex parietal posterior e o córtex frontal, sobretudo áreas motoras e pré-motoras (Kim *et al.* 1998), além de outras estruturas relacionadas com a modulação atencional da percepção como o colículo superior (Posner & Raichle, 1994) e pulvinar do tálamo (Steinman & Steinman, 1998). Dois tipos de atenção são verificados: explícita e implícita. A primeira possui uma correlação direta entre os movimentos oculares e é feita de forma consciente. Nesse caso, o desvio atencional é chamado endógeno, voluntário ou intrínseco (Posner *et al.*, 1980). A segunda não está ligada diretamente com a direção do seu olhar, ou seja, apesar de estar observando algo, o indivíduo mantém seu foco em outra parte do ambiente (Yantis & Jonides, 1990). Esse tipo de desvio de atenção é denominado exógeno, automático ou extrínseco. Aparentemente, esses dois tipos de desvios são controlados por áreas

comuns do sistema nervoso, sobretudo pelo já mencionado eixo frontoparietal. Contudo, estudos descrevem algumas diferenças entre esses dois tipos de alocação atencional (Kim, 1998).

Através de um estudo que deu origem a cronometria mental, Posner *et al.* (1980) demonstraram que pistas visuais poderiam tornar o tempo de resposta motora à visualização de um alvo mais rápida quando o indivíduo está mais atento a esses estímulos. A previsibilidade estaria relacionada à alocação de recursos atencionais endógenos, enquanto estímulos apresentados em posições imprevisíveis estariam relacionados à captura de recursos exógenos. É possível quantificar a incerteza associada a um estímulo em termos de quantidade de informação ou “entropia” nele contida (Norwich, 1993). Uma entrada sensorial imprevisível reflete uma mudança no ambiente potencialmente relevante para o organismo, podendo assim determinar um investimento do sistema nervoso em melhorar o processamento dessa informação (Sinkkonen, 1999).

1.4 Movimentos oculares

A percepção tem sido tradicionalmente considerada uma via de mão única. Entradas – ou estímulos – sensoriais são processadas pelo sistema nervoso central, dando origem a perceptos, ou percepções sensoriais. Entretanto, essa concepção passiva do processamento sensorial está longe da verdade. A maior parte da experiência sensorial de um organismo é obtida com a exploração ativa do mundo. Dentro da modalidade somestésica, por exemplo, pode-se imaginar uma pessoa tentando identificar um objeto utilizando o tato. Esse reconhecimento é realizado ativamente por meio da movimentação exploratória das polpas digitais sobre o objeto. Pode-se conceber o sistema visual, com todos os seus complexos movimentos oculares, da mesma maneira. Quem lê esse texto nesse exato momento faz algo parecido: pequenos e rápidos movimentos oculares colocam um pedaço do texto por vez na direção da fóvea para que possam ser reconhecidos e identificados. A tarefa aparentemente passiva de ler o texto é, portanto, essencialmente ativa. Cada trecho do texto que lemos foi trazido à fóvea por meio de uma ação motora. Portanto, percebemos que a apreensão do visual do ambiente ocorre durante breves fixações, seguidas desses rápidos e sucessivos movimentos oculares realizados ao longo do tempo (Findley & Gilchrist, 2003).

O olho humano possui aproximadamente 100 milhões de fotorreceptores. Todavia, ao contrário de uma câmera digital, esses receptores não estão uniformemente distribuídos (Kandel *et al.*, 2000). Na região central da retina – denominada *mácula* – a densidade desses receptores aumenta dezenas de vezes. Conseqüentemente, no centro da mácula, numa região denominada *fóvea*, é onde possuímos a melhor resolução da imagem visual (Masland, 2001; Field & Chichilnisky, 2007). São os movimentos oculares, realizados subconscientemente, que causam a ilusão de que possuímos resolução visual uniforme em todo o campo visual. Ver envolve, necessariamente, movimentação ocular. Como consequência desses movimentos, as entradas sensoriais do sistema visual assemelham-

se a um vídeo amador: curtas fixações relativamente estáveis, seguidas de movimentos rápidos e súbitos. Esses movimentos – rápidos, geralmente curtos e repentinos – são denominados *movimentos sacádicos*; sua função é trazer a imagem de objetos de interesse para a região central da retina, ou seja, para a fóvea.

Em circunstâncias normais, os movimentos sacádicos não são percebidos pelo observador devido a um fenômeno conhecido como *supressão sacádica*. Como o nome sugere, ocorre uma supressão do processamento visual que se inicia aproximadamente 75 milissegundos antes dos olhos começarem a se mover, e atinge seu pico no começo do movimento ocular, terminando quando o olho alcança a posição da nova fixação (Krekelberg, 2010). Essa supressão é caracterizada pela constatação comportamental de uma expressiva redução perceptiva durante a execução de uma sacada; seus mecanismos neurais têm sido alvo de intenso debate na literatura (Kleiser *et al.*, 2004).

O rastreamento ocular é feito utilizando um aparelho denominado *Eye Tracker*. Essa ferramenta analisa os movimentos dos olhos determinando os locais em que a atenção é direcionada, quanto tempo ela demora em cada área, assim como a ordem do direcionamento ocular. Para isso, o dispositivo emite uma luz infravermelha que reflete na córnea (no centro da pupila) e retorna para o aparelho, o que auxilia no cálculo de fixações, sacadas e regressões. Dessa forma, ele mostra a visão central do indivíduo naquele instante, ou seja, a região mais nítida para ele, não conseguindo aferir sobre a visão periférica (Barreto, 2012). Essa ferramenta é utilizada em diversos campos, como linguística cognitiva, psicologia, marketing e atualmente na neurociência ligada a educação ao fornecer informações que não são conscientemente controladas pelos alunos. Diversos trabalhos mostraram a eficiência desta técnica ao associar processo cognitivo com movimentação ocular e resolução de problemas (Lin & Lin, 2014; Wang *et al.*, 2014).

1.5 Atenção e movimentos oculares como métodos de investigação do processo ensino-aprendizagem

O rastreamento ocular permite uma investigação direta dos processos cognitivos e perceptuais envolvidos na compreensão de diferentes tipos de mídias. Por exemplo, ele permite inferir quais meios são mais visualmente atendidos, em que ordem e por quanto tempo. Essas informações podem ser utilizadas, por exemplo, para investigar fenômenos perceptuais clássicos envolvendo a capacidade de dividir a atenção durante a aprendizagem.

Mayer (2005) define o aprendizado multimídia como a construção de um modelo mental a partir de diferentes meios e materiais, que envolvem tanto representações verbais quanto pictóricas. As representações verbais consistem em textos ou linguagem falada, enquanto as representações pictóricas compreendem tanto visualizações estáticas, como figuras, gráficos e fotografias, quanto dinâmicas, como animações e filmes.

Os estudos utilizando rastreamento ocular na aprendizagem têm demonstrado um intenso efeito de *expertise*. Ao longo do processo de aprendizagem, a quantidade e o tempo das fixações em aspectos relevantes de uma determinada tarefa aumentam. O aluno aprende para onde deve fixar seu olhar e ao que deve prestar atenção. A aquisição desse tipo de habilidade sensório-motora e cognitiva difere um novato de um experiente (Charness *et al.*, 2001), sendo um dos resultados da aprendizagem.

Jarodzka e colaboradores (2010) estudaram a diferença entre o padrão de movimentos oculares de novatos e experientes enquanto aprendiam sobre o padrão de locomoção de peixes, por meio da apresentação de vídeos. Esses resultados, juntamente com achados prévios (Haider & Frensch, 1999 – utilizando outro tipo de aprendizado), mostram que experientes são capazes de prestar atenção em aspectos relevantes da estimulação, ignorando informações redundantes e irrelevantes à tarefa. Além de fornecerem elementos para guiar estratégias de aprendizado, essas diferenças no padrão de movimentos oculares (tempo e número de fixações, bem como velocidade das sacadas) encontradas ao longo da aprendizagem fornecem uma ferramenta valiosa de avaliação. Esse tipo de avaliação apresenta algumas vantagens em relação às avaliações tradicionais. Ela pode ser feita de forma contínua, ao longo dos diversos estágios do aprendizado, uma vez que pequenas diferenças de *expertise* são capazes de produzir diferenças de movimentação ocular e alocação atencional (Van Gog *et al.*, 2005). Ela também não depende de reprodução consciente e declarada do conteúdo aprendido por parte do aluno, o que ajuda a evitar possíveis vieses em suas respostas.

Por fim, existe ainda um último aspecto da relação entre movimentos oculares, alocação atencional e aprendizagem. Estudos recentes têm sugerido que os movimentos oculares não são apenas uma expressão de processos cognitivos, mas podem ajudar a determinar esses processos. Em 2003, Grant & Spivey sugeriram uma relação entre movimentos oculares e a resolução de problemas, mostrando que certos padrões de movimentos eram observados quando participantes estavam chegando perto de resolver um determinado problema (Grant & Spivey, 2003). Em 2007, Thomas & Lleras mostraram que, ao guiar os movimentos oculares de aprendizes por meios de uma tarefa de rastreamento não relacionada ao problema, eles eram capazes de aumentar a chance de resolução do problema. Sua conclusão é a de que não apenas os movimentos oculares refletem o que estamos pensando, eles também podem influenciar como pensamos (Thomas & Lleras, 2007). Mais tarde, o mesmo grupo demonstrou que a alocação atencional em um padrão compatível com a solução do problema, mesmo na ausência de movimentos oculares (orientação encoberta da atenção), pode ajudar sua resolução (Thomas & Lleras, 2009).

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

O objetivo principal do presente trabalho é investigar a participação da alocação atencional e de movimentos oculares no processo ensino-aprendizagem.

2.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos estão voltados para analisar os seguintes itens:

- a) O comportamento visual de alunos de graduação, com diferentes percepções sobre o conteúdo abordado pela professora em aula gravada e ministrada com auxílio de slides;
- b) A fixação, visita e duração do olhar dos alunos para diferentes áreas de interesse: professor, imagem e texto;
- c) A relação entre diferentes formatos na apresentação das informações dos slides da aula (slides apenas com texto, apenas com imagem ou ambos, em que o professor pode ler ou não o texto) e os movimentos oculares dos alunos;
- d) A relação entre erros/acertos de questões pós-aula e o direcionamento do olhar sobre os diferentes formatos de informações dos slides.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Participantes

Participaram deste estudo 62 adultos jovens (29 mulheres/33 homens), com idade entre 18 e 48 anos. Deste total, 52 participantes (23 mulheres/29 homens) com idade entre 18 e 36 anos foram considerados para as análises subsequentes, após exclusão baseada no percentual de visualização de pelo menos 75% nos registros obtidos pelo *Eye Tracker*. Esta amostra incluiu estudantes de graduação, do primeiro ao décimo semestre, de cursos de Astronomia, Ciências Biológicas, Ciências Moleculares, Física, Fisioterapia, Fonoaudiologia, Geociências, Letras (com formação prévia em Ciências), Medicina Veterinária, Medicina, Oceanografia e Química.

3.2 Panorama geral dos procedimentos experimentais

Inicialmente, gravou-se uma aula de aproximadamente 13 minutos sobre o tema Comportamento Animal em uma sala da Universidade de São Paulo (USP). A apresentação teve caráter expositivo através do uso de slides com diferentes estímulos visuais (textos, figuras e/ou gráficos). O vídeo foi editado previamente antes dos experimentos e alunos de graduação da USP foram convidados a participar do projeto por meio de cartazes de divulgação. Os testes foram realizados em ambiente controlado que consistiu numa sala experimental com iluminação indireta e com atenuação sonora, de modo a criar condições favoráveis aos testes. Os participantes sentaram-se em frente a uma tela de projeção, na qual foi exibida a aula gravada e seus movimentos oculares foram monitorados por meio de um rastreador específico para isso (*Tobii TX300 Eye Tracker – Tobii Thecnology*) (Figura 1). Esta pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos do Instituto de Psicologia da USP (número no CAAE: 96444517.1.0000.5561) (Anexo 1).



Figura 1. Imagem do *Eye Tracker* utilizado nos experimentos. Neste projeto, utilizou-se um projetor que exibiu a aula diretamente em uma parede.

Antes do início da aula, os voluntários preencheram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), um formulário com informações pessoais e um questionário pré-aula (questões Q1 a Q7) com perguntas acerca dos conhecimentos sobre o Comportamento Animal. Após o término, responderam um questionário pós-aula relativo ao processo de aprendizagem com questões sobre a apresentação: A questão 1 possuía quatro itens (A, B, C e D) com exemplos reais de comportamento e o aluno deveria responder se era inato ou aprendido; a 2 pedia que o voluntário escrevesse se conseguiu perceber vantagens no comportamento inato em relação ao aprendido, justificando a resposta; a 3 solicitava que um exemplo de habituação do cotidiano do estudante fosse descrita; por fim, a 4 queria que o aluno inventasse um comportamento do tipo imitação com algum ser vivo (Anexo 2).

Após isso, fizeram-se análises quantitativas da alocação atencional de cada voluntário (Figura 2), além de correlacioná-las com as questões respondidas nos formulários descritos acima.



Figura 2. Alocação atencional captada pelo *Eye Tracker*. Os círculos em vermelho indicam a direção do olhar do voluntário durante a aula e o seu tamanho mostram a duração desse processo.

Uma análise mais minuciosa foi realizada a seguir, destacando as seguintes áreas de interesse (Figura 3): professora (retângulo verde), texto (retângulo rosa) e figura (retângulo vermelho). O título dos slides foi colocado em algumas análises apenas pois observou-se que ele não apresentava grande interesse dos alunos por se repetir ao longo da aula. Utilizou-se os parâmetros medidos pelo aparelho, como média do número de fixações (média da quantidade de vezes que o aluno olhou para aquele local sem sair da área de interesse) e de visitas (quantidade de vezes que o aluno entrou na área de interesse) e média duração das fixações (tempo médio que o aluno olhou para aquele local sem sair da área de interesse) e visitas (tempo que o aluno ficou dentro da área de interesse).



Figura 3. Imagens da aula gravada utilizada no experimento. À esquerda a aula como observada pelos alunos e à direita as áreas de interesse selecionadas no *Eye Tracker* para posterior análise individual.

3.3 Panorama detalhado dos procedimentos experimentais

O projeto passou por diversas fases de aprimoramento até alcançar a etapa de testes com voluntários. Os alunos de graduação foram selecionados utilizando como pré-requisito o fato de não terem cursado uma disciplina sobre Comportamento Animal, já que o trabalho também incluiu como objetivo analisar o aprendizado do estudante. A aula gravada teve o intuito de tornar a apresentação mais controlada e diminuir os possíveis distratores que algo em tempo real poderia adicionar, o que dificultaria o estudo dos dados finais.

A etapa seguinte consistiu em elaborar o plano de aula. Dentre os diferentes parâmetros que poderiam ser abordados, como tipos de didáticas e formas de exposição do conteúdo, decidiu-se utilizar uma aula expositiva com o *Power Point* por ser amplamente usada nas salas de aula. Os slides foram divididos em parte introdutória (slides 1 a 4) e principal (slides 5 a 17), onde apenas nesta última utilizou-se diferentes artimanhas visuais para análise da movimentação ocular dos voluntários. A apresentação foi montada para poder comparar seus slides posteriormente de acordo com os recursos presentes. Baseando-se em diversos exemplos de Comportamento Animal, os slides foram estruturados de maneira que alguns possuíam apenas figuras representativas do exemplo a ser ensinado (Área Temática 1 – AT1), outros somente o conceito daquele assunto sendo lido (Área Temática 2 – AT2) ou não pela professora (Área Temática 3 – AT3) ou ainda imagem e conceito também lido (Área Temática 4 – AT4) ou não (Área Temática 5 – AT5) para identificar o padrão ocular dos indivíduos em seguir ou não as instruções da docente. Outros slides também apresentaram gráfico ou fluxograma que foram explicados de forma detalhada. Procurou-se, dessa forma, explorar o impacto de imagens e textos, bem como de sua leitura pela professora sobre a alocação explícita da atenção dos sujeitos participantes durante a exibição da aula e na aprendizagem dos conceitos científicos. Abaixo um exemplo de slide utilizado na aula (Figura 4):



Figura 4. Slide estruturado com texto e imagem de um exemplo de comportamento.

Em relação a análise estatística, os pressupostos da normalidade de distribuição dos dados e homogeneidade de variâncias foram checados por meio do Teste de Kolmogorov-Smirnov e Teste de Levene, respectivamente. Após, foram aplicadas transformações por meio de logaritmo natural às variáveis duração e número de fixações e visitas para aproximação à distribuição Gaussiana nas análises subsequentes. No entanto, todos os dados transformados foram aqui apresentados em sua escala original para uma interpretação mais fácil. Para a análise de associação dos dados de caracterização da amostra (idade, sexo e problemas de saúde) e conhecimento prévio dos alunos com o desempenho em questões dissertativas aplicadas após a aula, foi utilizado Teste Chi-quadrado ou Teste Exato de Fisher, quando apropriado. Quando associações significativas foram obtidas entre proporções, resíduos padronizados entre frequências observadas e esperadas foram calculados para identificar onde as diferenças ocorreram nas tabelas de contingência, a partir da observação de valores de resíduos padronizados inferiores a -2 ou superiores a 2 (Field, 2009). Após, foram aplicados Modelos Lineares Mistos para a análise das variáveis duração e número de fixações e visitas: (i) entre às áreas temáticas [imagem (AT1), texto lido (AT2), texto não lido (AT3), texto lido+imagem (AT4), texto não lido + imagem (AT5)] e áreas de interesse (imagem, professor, texto e título); (ii) entre a estrutura da aula (introdução e parte principal) e as áreas de interesse; e (iii) entre subgrupos formados a partir de acertos/erros nas questões dissertativas 1C, 3 e 4 aplicadas após a aula e áreas de interesse (imagem, professor e texto) a partir dos Slides 12, 13 e 11, respectivamente. Nestas análises, sujeitos foram assumidos como efeito randômico, os subgrupos de acerto/erro como efeitos fixos, e as áreas temáticas e áreas de interesse como efeitos fixos de medidas repetidas. Quando efeitos principais ou interações significativas foram encontrados, testes Post Hoc de Sidak foram utilizados para apontar as diferenças e para correções devidas a múltiplos testes. Para a constituição dos subgrupos de acerto/erro foram consideradas para análise apenas as questões em que mais de 20% dos alunos erraram ao respondê-la (questões 1C, 3 e 4), para assegurar um tamanho amostral mínimo adequado nas comparações entre grupos. Por fim, Testes t de Student foram utilizados para comparações dos dados de caracterização da amostra entre os subgrupos de acerto/erro. O critério de significância adotado foi de 5% ($P \leq 0.05$) e todas as análises foram conduzidas no *Software PASW Statistics 18.0* (SPSS Inc., Chicago, USA).

4. RESULTADOS

4.1 Associação entre características dos participantes e avaliação do aprendizado

Inicialmente apresentamos os resultados referentes às análises destinadas a identificar possíveis interferências de características dos alunos como sexo, presença de distúrbios mentais e apreciação do tema da aula sobre os acertos e erros das questões pós-aula.

Não foram observadas associações significativas do aprendizado avaliado pelo conteúdo das questões 1A, 1B, 1C, 1D, 2, 3 e 4 com o sexo ($P > 0,05$ para todos) e presença de distúrbio de saúde mental ($P > 0,05$ para todos, Tabela 1 e Tabela 2), exceto nas questões 2 ($P = 0,067$, resíduo: 1,7) e 3 ($P = 0,083$, resíduo: 2,0), nas quais foram observadas tendências a significância (Tabela 2). Um maior percentual de acerto nas questões 2 (75%) e 3 (89,6%) foi observado entre os participantes que não apresentavam distúrbios de saúde mental tais como ansiedade e/ou depressão.

Tabela 1. Associação entre sexo e saúde mental dos alunos com acertos na questão 1.

Variáveis	Questão 1A		P-Valor	Questão 1B		P-Valor	Questão 1C		P-Valor	Questão 1D		P-Valor
	Acerto	Erro		Acerto	Erro		Acerto	Erro		Acerto	Erro	
Sexo												
Mulher	21 (91,3)	2 (8,7)	0,191	23 (100,0)	0 (0,0)	-----	15 (65,2)	8 (34,8)	0,143	21 (91,3)	2 (8,7)	0,191
Homem	29 (100,0)	0 (0,0)		29 (100,0)	0 (0,0)		13 (44,8)	16 (55,2)		29 (100,0)	0 (0,0)	
Distúrbio de saúde mental												
Sim	4 (100,0)	0 (0,0)	1,000	4 (100,0)	0 (0,0)	-----	1 (25,0)	3 (75,0)	0,324	4 (100,0)	0 (0,0)	1,000
Não	46 (95,8)	2 (4,2)		48 (100,0)	0 (0,0)		27 (56,3)	21 (43,8)		46 (95,8)	2 (4,2)	

Dados apresentados como frequências absolutas e relativas (%).

Tabela 2. Associação entre dados demográficos e acerto nas questões 2, 3 e 4.

Variáveis	Questão 2		P-Valor	Questão 3		P-Valor	Questão 4		P-Valor
	Acerto	Erro		Acerto	Erro		Acerto	Erro	
Sexo									
Mulher	14 (60,9)	9 (39,1)	0,145	20 (87,0)	3 (13,0)	1,000	13 (56,5)	10 (43,5)	0,686
Homem	23 (79,3)	6 (20,7)		25 (86,2)	4 (13,8)		18 (62,1)	11 (37,9)	
Distúrbio de saúde mental									
Sim	1 (25,0)	3 (75,0)	0,067	2 (50,0)	2 (50,0)	0,083	1 (25,0)	3 (75,0)	0,324
Não	36 (75,0)	12 (25,0)		43 (89,6)	5 (10,4)		30 (62,5)	18 (37,5)	

Dados apresentados como frequências absolutas e relativas (%).

Procurou-se estabelecer uma relação entre a percepção dos voluntários a respeito de seus próprios conhecimentos sobre o tema Comportamento Animal e seus erros/acertos no questionário pós-aula. Os resultados descritos abaixo mostraram que aqueles que relataram mais conhecimento tiveram um desempenho pior no questionário pós-aula em comparação com aqueles que se declararam com médio ou pouco aprendizado no assunto. Foi observado um menor percentual de acerto entre os participantes que reportaram: médio (75%) *conhecimento sobre condicionamento clássico e operante* (Q6) comparado aos que reportaram pouco (80%), muito pouco e nenhum (ambos 100%) na questão 1A ($P = 0,018$, resíduo: 2,2); muito (0%) e médio (75%) *conhecimento sobre imprinting* (Q7) comparado aos que reportaram pouco, muito pouco e nenhum (100% para todos) na questão 1A ($P < 0,001$, resíduos: 2,2 e 4,9 respectivamente); e muito (0%) *conhecimento sobre imprinting* (Q7) comparado aos que reportaram médio (100%), pouco (100%), muito pouco (100%) e nenhum (97,1%) na questão 1A ($P < 0,001$, resíduo: 4,9) (Tabela 3). Adicionalmente, houve menor percentual de acerto entre os participantes que reportaram: nenhum (0%) *conhecimento sobre comportamento inato* (Q5) comparado aos que reportaram muito (90%), médio (78,3%), pouco (58,3%) e muito pouco (100%) na questão 2 ($P = 0,006$, resíduo = 2,6); pouco (20%) *conhecimento sobre condicionamento clássico e operante* (Q6) comparado aos que reportaram médio (100%), muito pouco (83,3%), nenhum (73%) na questão 2 ($P = 0,037$, resíduo = 2,1); e completo (0%) *conhecimento do assunto* (Q1) comparado aos que reportaram elevado (100%), médio (62,5%), pequeno (93,1%) e nenhum (92,3%) na questão 3 ($P = 0,017$, resíduo: 2,4) (Tabela 4). Não foram encontradas diferenças de acertos e erros entre os alunos que reportaram diferentes níveis de facilidade em aprender durante as aulas, bem como entre aqueles que relataram diferentes níveis de interesse e dificuldade com o tema. A única exceção foi para um menor percentual de acerto entre os participantes que reportaram nenhum (50%) *nível de dificuldade com o tema* (Q4) comparado aos que reportaram alto (100%), médio (96,9%) e baixo (81,8%) na questão 3 ($P = 0,01$, resíduo: 2,0) (Tabela 3 e 4). De maneira geral, as associações encontradas e descritas abaixo não revelaram subgrupos.

Tabela 3. Associação entre apreciação do tema da aula pelos alunos e acerto nos subitens da questão 1.

Questões pré-aula / Questões pós-aula	Questão 1A			Questão 1B			Questão 1C			Questão 1D		
	Acerto	Erro	P-Valor	Acerto	Erro	P-Valor	Acerto	Erro	P-Valor	Acerto	Erro	P-Valor
Q1 - Conhecimento do Assunto												
Completo	1 (100,0)	0 (0,0)	0,693	1 (100,0)	0 (0,0)	-----	1 (100,0)	0 (0,0)	0,569	1 (100,0)	0 (0,0)	0,920
Elevado	1 (100,0)	0 (0,0)		1 (100,0)	0 (0,0)		0 (0,0)	1 (100,0)				
Médio	7 (87,5)	1 (12,5)		8 (100,0)	0 (0,0)		5 (62,5)	3 (37,5)		8 (100,0)	0 (0,0)	
Pequeno	28 (96,6)	1 (3,4)		29 (100,0)	0 (0,0)		14 (48,3)	15 (51,7)		28 (96,6)	1 (3,4)	
Nenhum	13 (100,0)	0 (0,0)		13 (100,0)	0 (0,0)		8 (61,5)	5 (38,5)		12 (92,3)	1 (7,7)	
Q2 - Interesse no Assunto												
Muito	20 (95,2)	1 (4,8)	0,099	16 (100,0)	0 (0,0)	-----	13 (61,9)	8 (38,1)	0,580	21 (100,0)	0 (0,0)	0,113
Médio	26 (100,0)	0 (0,0)		31 (100,0)	0 (0,0)		13 (50,0)	13 (50,0)		25 (96,2)	1 (3,8)	
Pouco	4 (80,0)	1 (20,0)		5 (100,0)	0 (0,0)		2 (40,0)	3 (60,0)		4 (80,0)	1 (20,0)	
Q3 - Facilidade de Aprendizagem												
Intensa	16 (100,0)	0 (0,0)	0,494	0 (0,0)	7 (100,0)	-----	8 (50,0)	8 (50,0)	0,464	15 (93,8)	1 (6,3)	0,786
Moderada	29 (93,5)	2 (6,5)		0 (0,0)	6 (100,0)		16 (51,6)	15 (48,4)		30 (96,8)	1 (3,2)	
Pouca	5 (100,0)	0 (0,0)		0 (0,0)	5 (100,0)		4 (80,0)	1 (20,0)		5 (100,0)	0 (0,0)	
Q4 - Nível de Dificuldade do Tema												
Alto	3 (100,0)	0 (0,0)	0,729	3 (100,0)	0 (0,0)	-----	0 (0,0)	3 (100,0)	0,088	3 (100,0)	0 (0,0)	0,839
Médio	30 (93,8)	2 (6,3)		32 (100,0)	0 (0,0)		21 (65,6)	11 (34,4)		31 (96,9)	1 (3,1)	
Baixo	13 (100,0)	0 (0,0)		13 (100,0)	0 (0,0)		5 (38,5)	8 (61,5)		12 (92,3)	1 (7,7)	
Nenhuma	4 (100,0)	0 (0,0)		4 (100,0)	0 (0,0)		2 (50,0)	2 (50,0)		4 (100,0)	0 (0,0)	
Q5 - Conhecimento sobre comportamento inato e aprendido												
Muito	9 (90,0)	1 (10,0)	0,579	10 (100,0)	0 (0,0)	-----	12 (52,2)	11 (47,8)	0,479	10 (100,0)	0 (0,0)	0,139
Médio	23 (100,0)	0 (0,0)		23 (100,0)	0 (0,0)		4 (40,0)	6 (60,0)		23 (100,0)	0 (0,0)	
Pouco	11 (91,7)	1 (8,3)		12 (100,0)	0 (0,0)		7 (58,3)	5 (41,7)		10 (100,0)	0 (0,0)	
Muito pouco	3 (100,0)	0 (0,0)		3 (100,0)	0 (0,0)		3 (100)	0 (0,0)		3 (75,0)	1 (25,0)	
Nenhum	4 (100,0)	0 (0,0)		4 (100,0)	0 (0,0)		2 (50,0)	2 (50,0)		4 (80,0)	1 (20,0)	
Q6 - Conhecimento sobre condicionamento clássico e operante												
Médio*	3 (75,0)	1 (25,0)	0,018	4 (100,0)	0 (0,0)	-----	4 (100,0)	0 (0,0)	0,268	4 (100,0)	0 (0,0)	0,255
Pouco	4 (80,0)	1 (20,0)		5 (100,0)	0 (0,0)		3 (60,0)	2 (40,0)		4 (80,0)	1 (20,0)	
Muito pouco	6 (100,0)	0 (0,0)		6 (100,0)	0 (0,0)		3 (50,0)	3 (50,0)		6 (100,0)	0 (0,0)	
Nenhum	37 (100,0)	0 (0,0)		37 (100,0)	0 (0,0)		18 (48,6)	19 (51,4)		36 (97,3)	1 (2,7)	
Q7 - Conhecimento sobre <i>imprinting</i>												
Muito*	0 (0,0)	1 (100,0)	<0,001	1 (100,0)	0 (0,0)	-----	1 (100,0)	0 (0,0)	0,398	0 (0,0)	1 (100,0)	<0,001
Médio*	3 (75,0)	1 (25,0)		4 (100,0)	0 (0,0)		2 (50,0)	2 (50,0)		4 (100,0)	0 (0,0)	
Pouco	5 (100,0)	0 (0,0)		5 (100,0)	0 (0,0)		4 (80,0)	1 (20,0)		5 (100,0)	0 (0,0)	
Muito pouco	7 (100,0)	0 (0,0)		7 (100,0)	0 (0,0)		5 (71,4)	2 (28,6)		7 (100,0)	0 (0,0)	
Nenhum	35 (100,0)	0 (0,0)		35 (100,0)	0 (0,0)		16 (45,7)	19 (54,3)		34 (97,1)	1 (2,9)	

Questões pré-aula (Q1, Q2, Q3, Q4, Q5, Q6 e Q7, respectivamente) e pós-aula (1A, B, C e D). Dados apresentados como frequências absolutas e relativas (%).

Tabela 4. Associação entre apreciação do tema da aula pelos alunos e acerto nas questões 2, 3 e 4.

Questões pré-aula / Questões pós-aula	Questão 2		P-Valor	Questão 3		P-Valor	Questão 4		P-Valor
	Acerto	Erro		Acerto	Erro		Acerto	Erro	
Q1 - Conhecimento do Assunto									
Completo*	1 (100,0)	0 (0,0)	0,545	0 (0,0)	1 (100,0)	0,017	0 (0,0)	1 (100,0)	0,548
Elevado	1 (100,0)	0 (0,0)		1 (100,0)	0 (0,0)		1 (100,0)	0 (0,0)	
Médio	6 (75,0)	2 (25,0)		5 (62,5)	3 (37,5)		5 (55,6)	4 (44,4)	
Pequeno	22 (75,9)	7 (24,1)		27 (93,1)	2 (6,9)		19 (65,5)	10 (34,5)	
Nenhum	7 (53,8)	6 (46,2)		12 (92,3)	1 (7,7)		7 (53,8)	6 (46,2)	
Q2 - Interesse no Assunto									
Muito	16 (76,2)	5 (23,8)	0,647	17 (81,0)	4 (19,0)	0,475	13 (61,9)	8 (38,1)	0,643
Médio	17 (65,4)	9 (34,6)		24 (92,3)	2 (7,7)		16 (61,5)	10 (38,5)	
Pouco	4 (80,0)	1 (20,0)		4 (80,0)	1 (20,0)		2 (40,0)	3 (60,0)	
Q3 - Facilidade de Aprendizagem									
Intensa	14 (87,5)	2 (12,5)	0,154	13 (81,3)	3 (18,8)	0,622	11 (68,8)	5 (31,3)	0,500
Moderada	19 (61,3)	12 (38,7)		28 (90,3)	3 (9,7)		18 (58,1)	13 (41,9)	
Pouca	4 (80,0)	1 (20,0)		4 (80,0)	1 (20,0)		2 (40,0)	3 (60,0)	
Q4 - Nível de Dificuldade do Tema									
Alto	1 (33,3)	2 (66,7)	0,260	3 (100,0)	0 (0,0)	0,010	1 (33,3)	2 (66,7)	0,672
Médio	22 (88,0)	3 (12,0)		31 (96,9)	1 (3,1)		20 (62,5)	12 (37,5)	
Baixo	10 (50,0)	10 (50,0)		9 (81,8)	2 (18,2)		7 (53,8)	6 (46,2)	
Nenhuma*	4 (100,0)	0 (0,0)		2 (50,0)	2 (50,0)		3 (75,0)	1 (25,0)	
Q5 - Conhecimento sobre comportamento inato e aprendido									
Muito	9 (90,0)	1 (10,0)	0,006	8 (80,0)	2 (20,0)	0,730	3 (30,0)	7 (70,0)	0,065
Médio	18 (78,3)	5 (20,8)		19 (82,6)	4 (17,4)		16 (69,6)	7 (30,4)	
Pouco	7 (58,3)	5 (41,7)		11 (91,7)	1 (8,3)		8 (66,7)	4 (33,3)	
Muito pouco	3 (100,0)	0 (0,0)		3 (100,0)	0 (0,0)		3 (100,0)	0 (0,0)	
Nenhum*	0 (0,0)	4 (100,0)		4 (100,0)	0 (0,0)		1 (25,0)	3 (75,0)	
Q6 - Conhecimento sobre condicionamento clássico e operante									
Médio	4 (100,0)	0 (0,0)	0,037	2 (50,0)	2 (50,0)	0,125	2 (50,0)	2 (50,0)	0,641
Pouco*	1 (20,0)	4 (80,0)		4 (80,0)	1 (20,0)		3 (60,0)	2 (40,0)	
Muito pouco	5 (83,3)	1 (16,7)		5 (83,3)	1 (16,7)		5 (83,3)	1 (16,7)	
Nenhum	27 (73,0)	10 (27,0)		34 (91,9)	3 (8,1)		21 (56,8)	16 (43,2)	
Q7 - Conhecimento sobre <i>imprinting</i>									
Muito	0 (0,0)	1 (100,0)	0,292	1 (100,0)	0 (0,0)	0,121	0 (0,0)	1 (100,0)	0,729
Médio	4 (100,0)	0 (0,0)		3 (75,0)	1 (25,0)		2 (50,0)	2 (50,0)	
Pouco	4 (80,0)	1 (20,0)		5 (100,0)	0 (0,0)		3 (60,0)	2 (40,0)	
Muito pouco	4 (57,1)	3 (42,9)		4 (57,1)	3 (42,9)		5 (71,4)	2 (28,6)	
Nenhum	25 (71,4)	10 (28,6)		32 (91,4)	3 (8,6)		21 (60,0)	14 (40,0)	

Questões 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7 (Q1, Q2, Q3, Q4, Q5, Q6 e Q7, respectivamente). Dados apresentados como frequências absolutas e relativas (%).

4.2 Análise entre áreas temáticas e áreas de interesse

Nesta parte buscou-se analisar de que forma a fixação, visita e duração do olhar dos alunos se altera em relação as diferentes áreas de interesse (professor, imagem e texto) durante a aula e se os voluntários possuem alguma preferência sobre elas. Também se verificou a relação entre diferentes formatos na apresentação das informações dos slides da aula (slides apenas com texto, apenas com imagem ou ambos, em que o professor pode ler ou não o texto) e os movimentos oculares dos alunos para entender o que eles procuram focar e o que pode agir como distrator.

A análise de Modelos Lineares Misto demonstrou significativa interação *área temática*área de interesse* para duração da fixação ($P < 0,001$, $F_{660;11} = 18,6$), número de fixações ($P < 0,001$, $F_{653;11} = 127,4$), duração da visita ($P < 0,001$, $F_{654;11} = 69,7$) e número de visitas ($P < 0,001$, $F_{654;11} = 88,8$).

Na AT1 foi observado: menor duração e número de fixações e visitas em Título e Texto comparados a Professor e Imagem ($P < 0,05$ para todos), assim como em Título comparado a Texto, exceto para duração da visita ($P < 0,05$ para todos). É importante salientar que os slides com imagem apenas continham pequenos textos com nomes de comportamentos nas legendas, que não descreviam conceitos, o que explica os registros para o texto, nesta parte. Para a AT2 foi observado: menor duração e número de fixações e visitas em Título comparado a Texto; maior duração e número de fixações e visitas em Texto comparado a Professor e Imagem, exceto para duração da fixação que foi menor comparada a Professor; e maior duração e número de fixações e visitas para Professor comparado a Imagem ($P < 0,05$ para todos). Para a AT3 foi observado: menor duração e número de fixações e visitas em Título comparado a Texto, exceto duração da fixação; e menor duração e número de fixações e visitas para Texto comparado a Professor, exceto para número de visitas que foi maior ($P < 0,05$ para todos). Para a AT4 foi observado: menor duração e número de fixações e visitas em Título comparado a Texto, Professor e Imagem; e menor duração e número de fixações e visitas para Texto e Professor comparados a Imagem, exceto para duração da fixação quando comparado a Professor ($P < 0,05$ para todos). Na AT5 foi observado menor número de fixações e visitas em Título comparado a Texto; menor duração e número de fixações e visitas em Título e Texto comparados a Professor e Imagem; e menor número de fixações e visitas em Professor comparado a Imagem ($P < 0,05$ para todos) (Figura 5).

Na área de interesse Imagem, foi observado: maior duração e número de fixações e visitas em AT4 e AT5 comparados a AT2, porém, menores valores em AT2 comparado a AT1; menor número de fixações e duração da visita em AT5 comparado a AT1 e AT4 ($P < 0,05$ para todos). Para a área de interesse Professor, foi observado: menor número de fixações e menor duração e número de visitas em AT5 e AT4 comparados a AT1; menor duração das visitas em AT5 e AT4 comparados a AT3, assim como maior número de visitas em AT5 e AT4 comparados a AT2; menor número de fixações em AT3 e AT2, assim como menor duração e número de visitas em AT2 comparados a AT1; e maior número

de fixações e duração da vista em AT3 comparado a AT2 ($P < 0,05$ para todos). Para a área de interesse Texto, foi observado: menor número de fixações e menor duração e número de visitas em AT5 comparado a AT4, AT3 e AT2; menor número de fixações e menor duração e número de visitas em AT4 comparado a AT2; maior número de fixações e maior duração e número de visitas em AT4, AT3 e AT2 comparados a AT1; e menor número de fixações e duração de visitas em AT4 comparado a AT3 ($P < 0,05$ para todos). Para a área de interesse *Título*, não foram observadas diferenças entre as áreas temáticas ($P > 0,05$ para todos) (Figura 5).

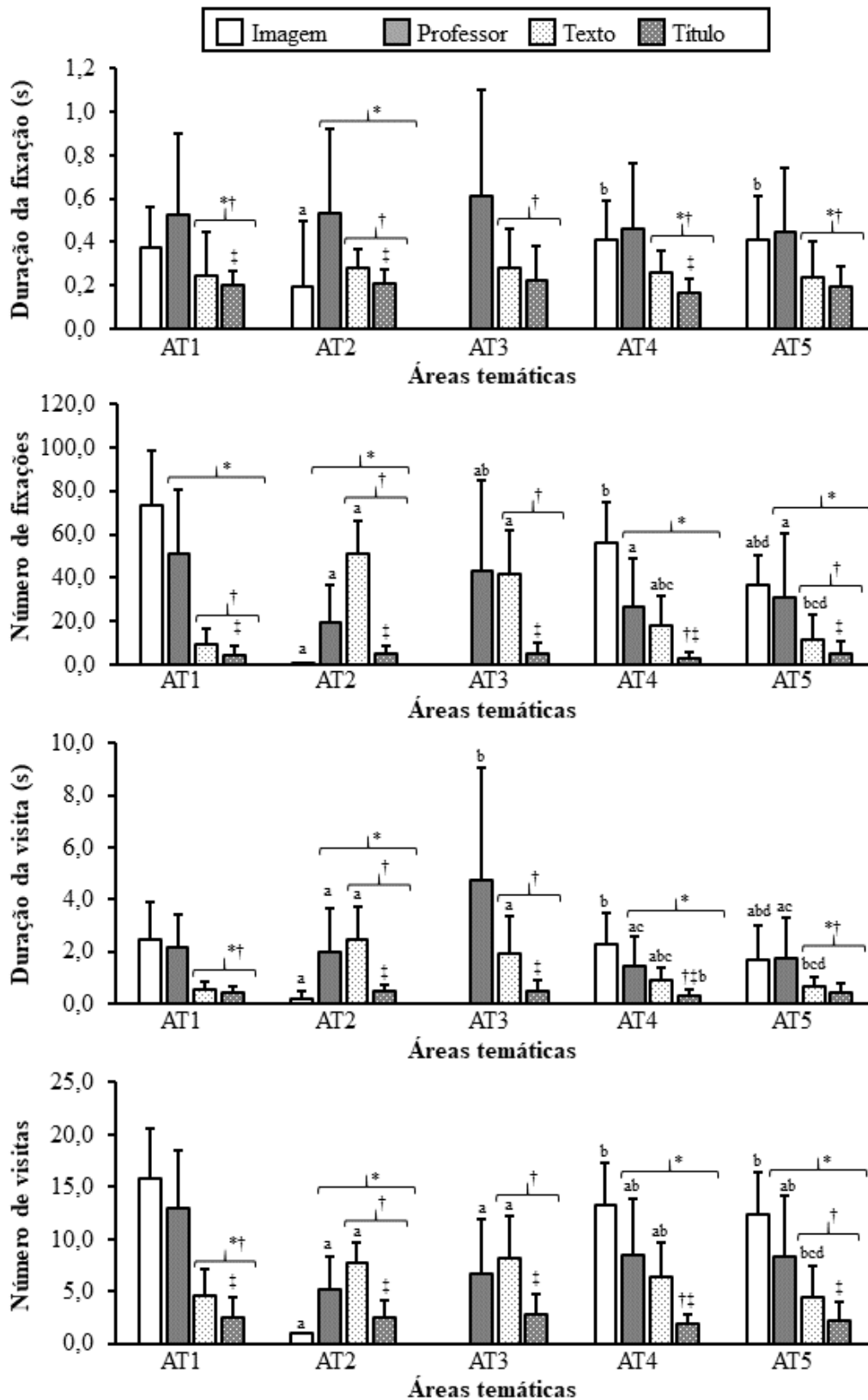


Figura 5. Média da duração e do número de fixações e visitas por área temática [imagem (AT1), texto lido (AT2), texto não lido (AT3), texto lido + imagem (AT4), texto não lido + imagem (AT5)] e área de interesse (Imagem, Professor, Texto e Título). ^a P < 0,05 vs. AT1; ^b P < 0,05 vs. AT2; ^c P < 0,05 vs. AT3; ^d P < 0,05 vs. AT4; * P < 0,05 vs. Imagem; † P < 0,05 vs. Professor; ‡ P < 0,05 vs. Texto.

4.3 Análise entre áreas de interesse x momento da aula

A aula foi dividida em dois momentos: introdução do assunto e descrição dos diferentes tipos de comportamento animal. Esta última parte esteve relacionada diretamente com itens colocados nos questionários pré e pós-aula. A intenção foi identificar se há diferença no direcionamento ocular de acordo com o momento da aula.

A análise de Modelos Lineares Misto demonstrou significativa interação *área de interesse*momento da aula* para duração da fixação ($P = 0,03$, $F_{345;3} = 3,0$), número de fixações ($P < 0,001$, $F_{313;3} = 39,5$), duração da visita ($P < 0,001$, $F_{318;3} = 9,7$) e número de visitas ($P < 0,001$, $F_{302;3} = 38,9$).

Na introdução da aula foi observado: menor duração e número de fixações e visitas em Título comparado a Texto, Professor e Imagem; maior duração e número de fixações e maior número de visitas em Texto comparado a Professor; maior duração da visita e número de fixações em Texto comparado a Imagem; maior duração das fixações e menor número de visitas em Professor comparado a Imagem; e menor duração das fixações em Texto comparado a Professor. Por outro lado, na parte principal da aula foi observado: menor duração e número de fixações e visitas em Título comparado a Texto, Professor e Imagem; menor duração das fixações em Texto comparado a Imagem e Professor; menor número de visitas em Professor e Texto comparados a Imagem; e maior duração da fixação em Professor comparado a Imagem (Figura 6).

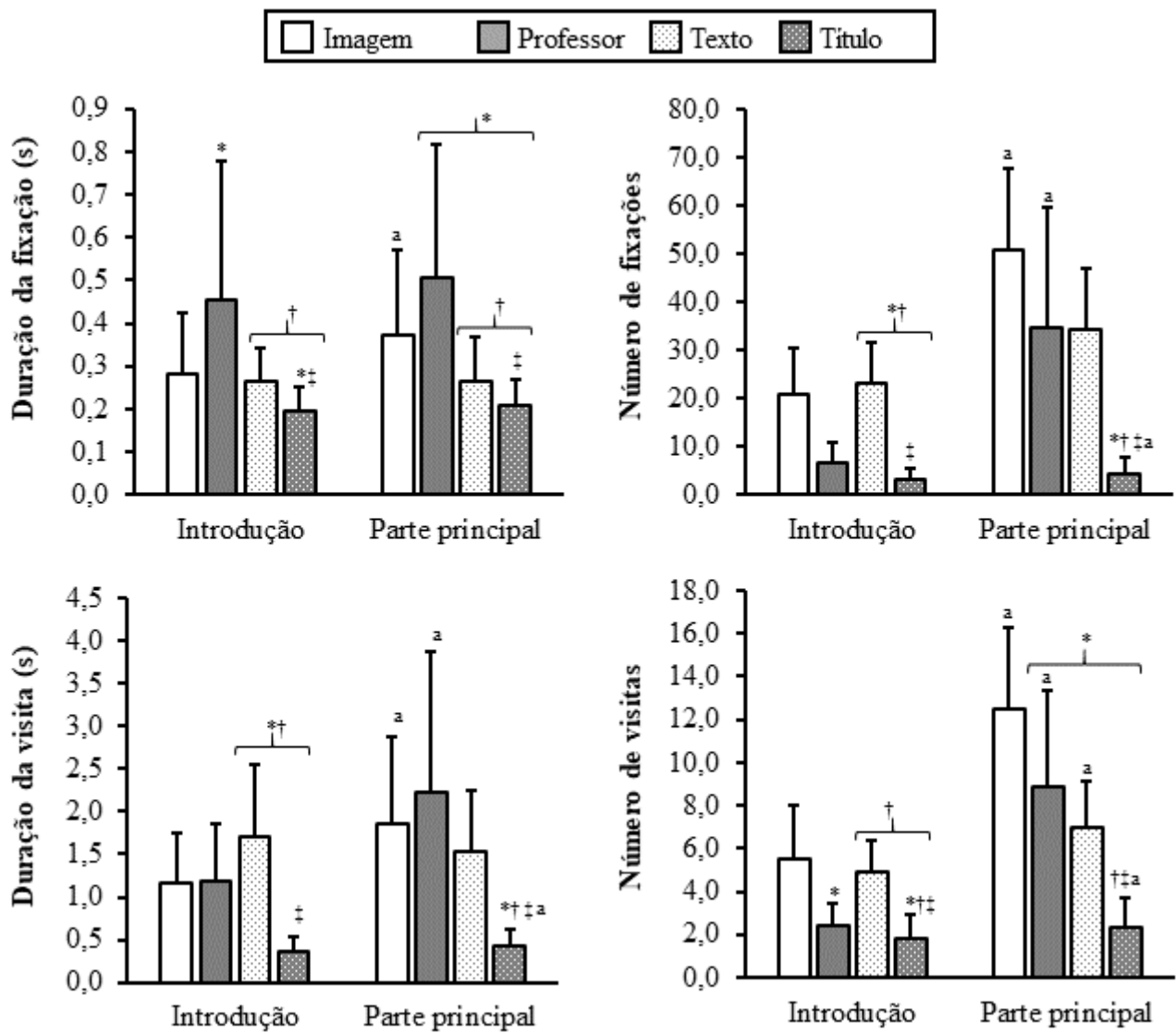


Figura 6. Média da duração e número de fixações e visitas por área temática e área de interesse durante a introdução e parte principal da aula. ^a P < 0,05 vs. momento introdução da aula; * P < 0,05 vs. Imagem; † P < 0,05 vs. Professor; ‡ P < 0,05 vs. Texto.

4.4 Análise de subgrupos de acerto/erro nas questões dissertativas 1C, 3 e 4 por área de interesse

Para investigar possíveis relações entre erros/acertos das questões pós-aula e o direcionamento do olhar sobre as áreas de interesse, realizamos a análise sobre os subgrupos dos alunos que acertaram e dos que erraram as questões 1C, 3 e 4. Essas foram as questões onde os alunos apresentaram índice de erro mais próximo ao de acerto (30% ou mais dos alunos erraram), possibilitando a comparação do comportamento visual entre dois subgrupos, os que acertaram e os que erraram.

Para a análise de subgrupos a partir da questão dissertativa 1C, a análise de Modelo Linear Misto demonstrou significativa interação *subgrupo*área de interesse* apenas para duração da visita ($P = 0,045$, $F_{32;2} = 3,4$). Adicionalmente, foram observados efeitos principais significativos da área de interesse para duração da fixação ($P < 0,001$, $F_{89;2} = 45,6$), número de fixações ($P < 0,001$, $F_{95;2} = 157,3$) e número de visitas ($P < 0,001$, $F_{94;2} = 93,7$) (Figura 7). Ambos os subgrupos de acerto/erro apresentaram: maior duração e número de fixações e visitas nas áreas temáticas Professor e Imagem comparados a Texto ($P < 0,01$ para todos); e maior duração da fixação e duração e número de visitas na área temática Professor comparada à Imagem ($P < 0,01$ para todos). O subgrupo acerto apresentou maior duração da visita na área temática Texto comparado ao subgrupo erro ($P = 0,007$) (Figura 7).

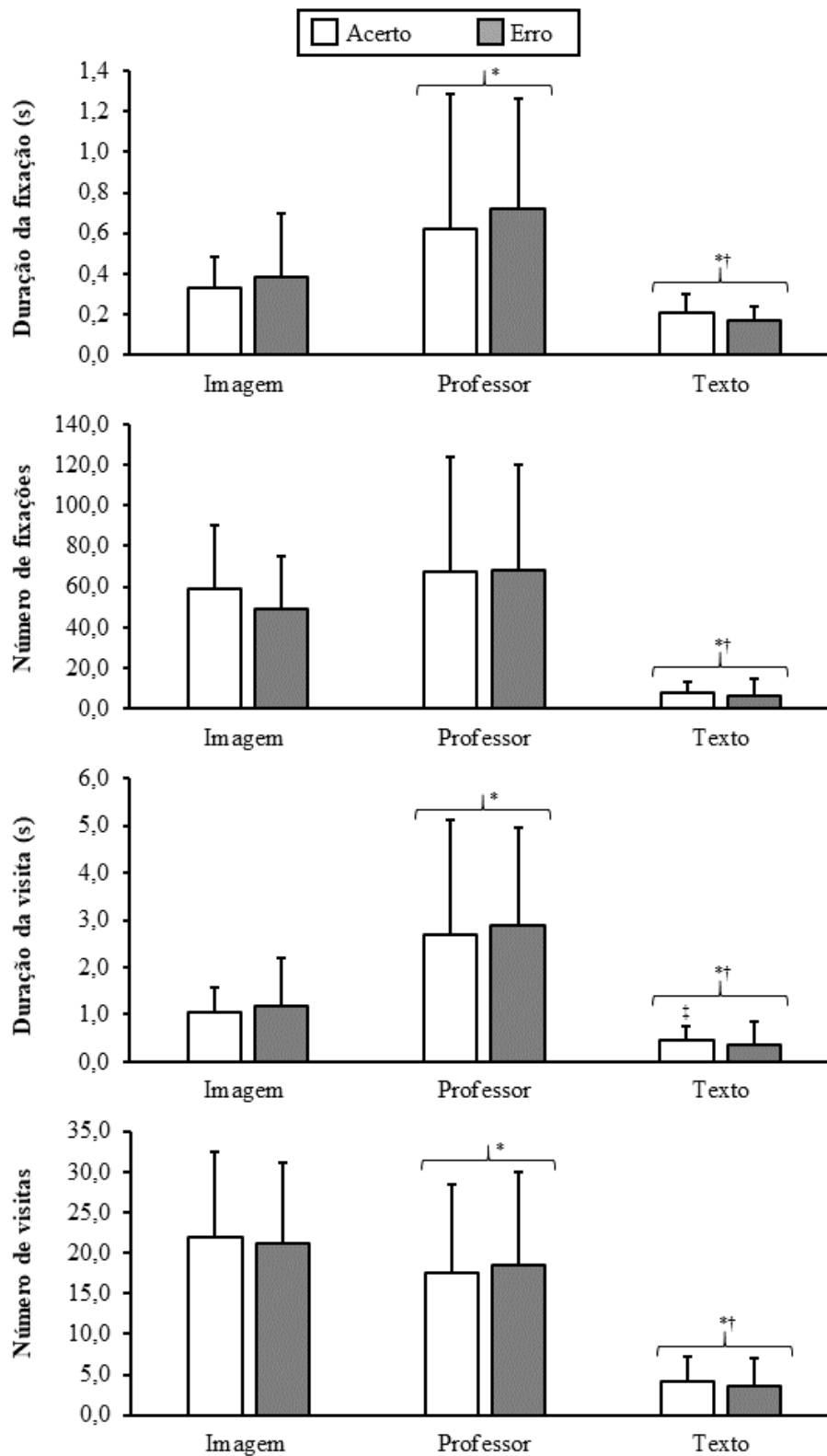


Figura 7. Média da duração e do número de fixações e visitas por área de interesse (Imagem, Professor e Texto) e subgrupo baseado em acerto/erro na questão dissertativa 1C. * $P < 0,05$ vs. Imagem; † $P < 0,05$ vs. Professor; ‡ $P < 0,05$ vs. subgrupo Erro.

Para a análise de subgrupos a partir da questão dissertativa 3, a análise de Modelo Linear Misto demonstrou significativa interação *subgrupo*área de interesse* apenas para a duração da fixação ($P = 0,045$, $F_{83;2} = 4,2$). Adicionalmente, foram observados efeitos principais significativos da área de interesse para número de fixações ($P < 0,001$, $F_{101;2} = 18,2$), duração da visita ($P < 0,001$, $F_{140;2} = 12,6$) e número de visitas ($P < 0,001$, $F_{92;2} = 23,1$), assim como efeito principal significativo do subgrupo de acerto/erro para o número de visitas ($P = 0,017$, $F_{51,1} = 6,1$) (Figura 8). Ambos os subgrupos de acerto/erro apresentaram: maior duração e número de fixações e visitas nas áreas temáticas Professor e Imagem comparados a Texto ($P < 0,05$ para todos); e menor número de fixações e visitas na área de interesse Professor comparada à Imagem ($P < 0,05$ para todos). O subgrupo acerto apresentou menor duração da fixação na área temática Professor comparada a Imagem ($P = 0,023$), enquanto no subgrupo erro não foi observada essa diferença ($P = 0,141$). Uma tendência a menor duração da visita foi observada para o subgrupo de acerto em relação ao subgrupo de erro na área de interesse Professor ($P = 0,055$). Adicionalmente, subgrupo de acerto apresentou menor número de visitas comparado ao subgrupo de erro, independentemente da área de interesse ($P = 0,017$) (Figura 8).

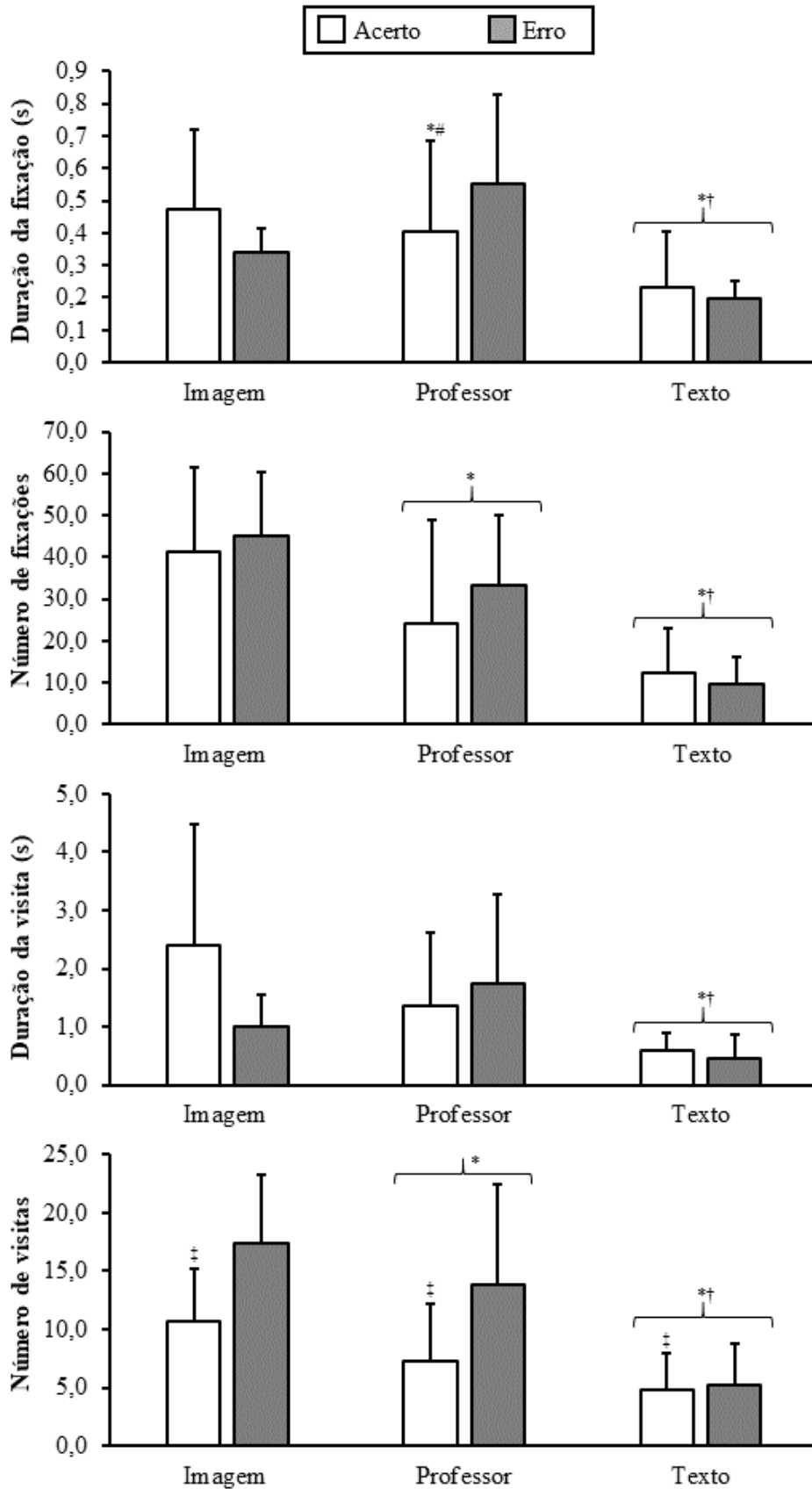


Figura 8. Média da duração e número de fixações e visitas por área de interesse (Imagem, Professor e Texto) e subgrupo baseado em acerto/erro na questão dissertativa 3. * P < 0,05 vs. Imagem; † P < 0,05 vs. Professor; ‡ P < 0,05 vs. Erro; # P = 0,055 vs. Erro.

Para a análise de subgrupos a partir da questão dissertativa 4, a análise de Modelo Linear Misto demonstrou significativa interação *subgrupo*área de interesse* para duração da fixação ($P = 0,038$, $F_{92;2} = 3,4$) e da visita ($P = 0,006$, $F_{140;2} = 5,3$). Adicionalmente, foram observados efeitos principais significativos para área de interesse para número de fixações ($P < 0,001$, $F_{108;2} = 25,9$) e visitas ($P < 0,001$, $F_{88;2} = 38,2$) (Figura 5). Ambos os subgrupos de acerto/erro apresentaram: maior número de fixações e visitas na área temática Imagem comparada a Professor e Texto ($P < 0,05$ para todos); e maior duração da fixação e visita na área de interesse Imagem comparada a Texto ($P < 0,05$ para todos). O subgrupo erro apresentou menor duração da fixação e visita na área temática Texto comparada a Professor ($P < 0,001$ para ambos), enquanto no subgrupo acerto não foram observadas essas diferenças ($P = 0,837$ e $P = 0,986$). O subgrupo acerto apresentou menor duração da visita em relação ao subgrupo erro na área de interesse Professor ($P = 0,003$) (Figura 9).

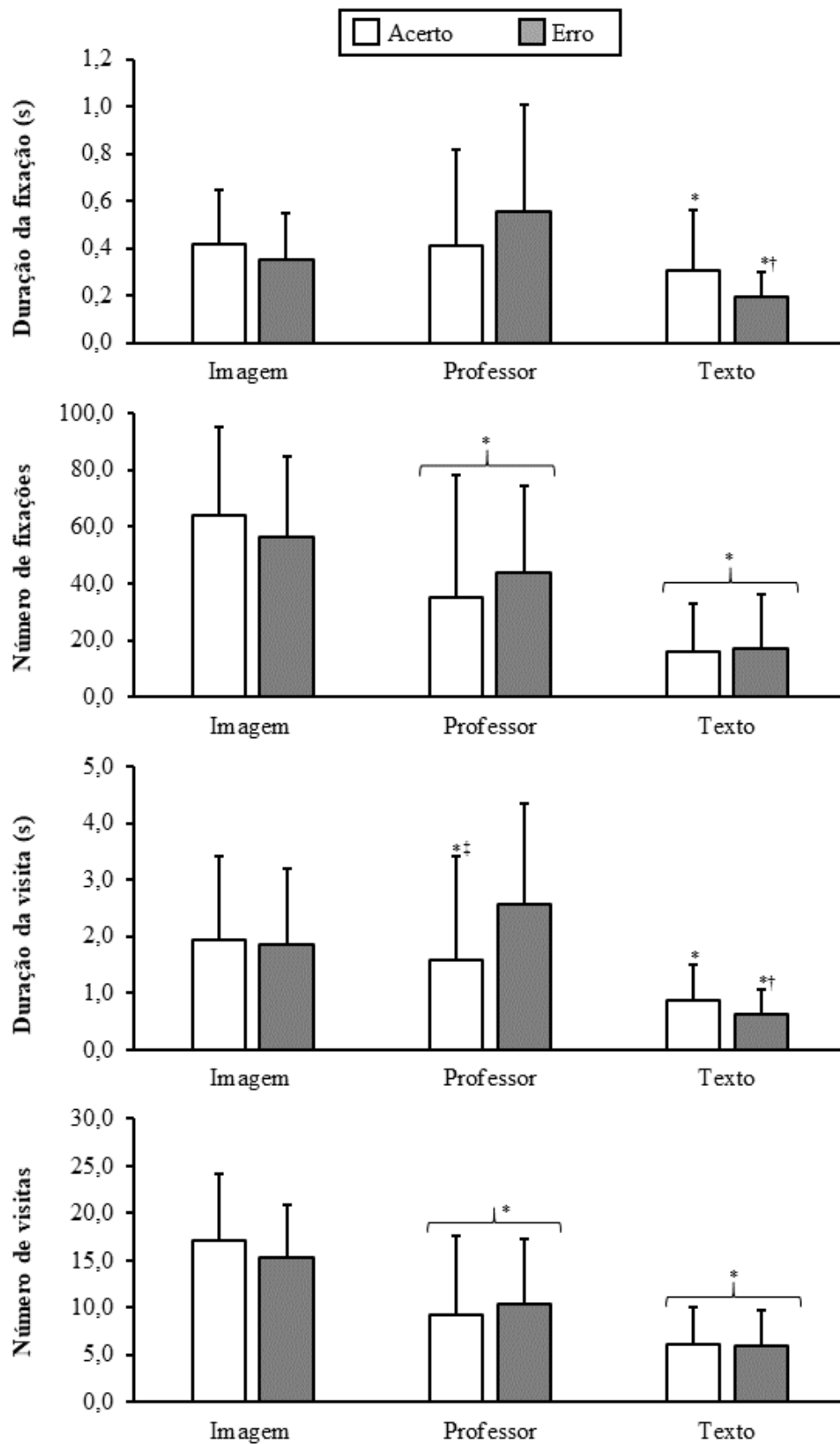


Figura 9. Média da duração e número de fixações e visitas por área de interesse (Imagem, Professor e Texto) e subgrupo baseado em acerto/erro na questão dissertativa 4. * $P < 0,05$ vs. Imagem; † $P < 0,05$ vs. Professor; ‡ $P < 0,05$ vs. Erro.

5. DISCUSSÃO

Este trabalho teve a intenção de explorar a participação da alocação atencional e de movimentos oculares no processo ensino-aprendizagem. Como já mencionado, o direcionamento do olhar está implicado diretamente em suas ações naquele instante, tornando o rastreamento de seus olhos algo que permite inferir os processos cognitivos envolvidos (Duchowski, 2007). Segundo Buswell (1935), “os movimentos oculares são ajustes inconscientes às demandas de atenção durante uma experiência visual. A subjacente suposição é que, em uma experiência visual, o centro de fixação dos olhos é o centro das atenções em um determinado momento”. De maneira geral, as análises do comportamento visual dos alunos possibilitaram identificar alguns padrões no comportamento visual. Além disso, estabelecemos algumas relações entre o comportamento visual durante a aula com o desempenho dos alunos na avaliação pós-aula, na tentativa de compreender o papel do comportamento visual nas estratégias cognitivas responsáveis pela aprendizagem.

As análises iniciais do trabalho investigaram as relações entre características dos alunos como sexo, disfunções na saúde mental e suas percepções sobre o tema a ser apresentado em aula com os índices de acerto/erro registrados nas questões avaliativas do questionário pós-aula. O questionário de avaliação geral (anexo 2) requisitou que os voluntários respondessem sobre sua saúde. A intenção foi apenas avaliar se a amostra era homogênea e se variáveis como sexo e saúde mental não iriam interferir na aprendizagem. A relação entre as características de saúde dos participantes e a avaliação dos seus aprendizados não mostrou significância (Tabela 1 e 2), o que pode ser explicado pela baixa quantidade de voluntários com distúrbios ligados ao sistema nervoso e, eventualmente, pelas características dos distúrbios relatados. Isso foi refletido na análise estatística, onde o n amostral foi insuficiente para maiores conclusões. Além disso, o trabalho não teve como objetivo verificar a relação entre transtornos psicológicos/psiquiátricos com a aprendizagem.

Em relação às análises dos questionários pré e pós-aula (anexos 3 e 4), pudemos observar pouca relação entre o relato dos alunos sobre o conhecimento prévio e o desempenho na avaliação do conhecimento adquirido durante a aula. A pergunta 1A versava sobre um exemplo de comportamento de padrão fixo de ação, onde o aluno deveria responder se era um comportamento inato ou aprendido. A maior parte daqueles que reportaram médio, pouco, muito pouco ou nenhum conhecimento sobre tipos de comportamentos aprendidos acertaram a questão, enquanto aqueles que relataram muito conhecimento sobre *imprinting* erraram completamente. Como a questão 1A indagava sobre as diferenças entre comportamentos inatos e aprendidos, não avaliando diretamente o conhecimento dos alunos sobre condicionamento clássico e operante, a interpretação desses resultados não contribui com os objetivos do trabalho aqui apresentados. A questão 2 abordava sobre comportamento inato e suas vantagens adaptativas. Uma grande quantidade dos alunos que relatou muito conhecimento sobre o assunto acertou a questão, assim como a maior parte que relatou médio, pouco e muito pouco

conhecimento sobre esse comportamento. Isso se repetiu em relação a sua própria avaliação sobre condicionamento clássico e operante, com exceção daqueles que puseram muito conhecimento. A questão 3 tratava de um comportamento aprendido e a maioria dos estudantes que declararam elevado, médio, pequeno e nenhum conhecimento sobre comportamento animal acertaram a resposta, sendo isso observado também em relação ao nível de dificuldade em etologia animal. Vale ressaltar que os voluntários selecionados não haviam cursado disciplinas em comportamento animal.

As porcentagens de respostas dadas na autoavaliação comprovam a baixa quantidade de informações que a maioria possuía antes da aula assistida. É interessante observar que aqueles que relataram mais conhecimento tiveram um desempenho pior no questionário pós-aula em comparação com aqueles que se declararam com médio ou pouco aprendizado no assunto. Também se observou o contrário, onde aqueles que se declararam com menos conhecimento tiveram respostas corretas sobre o assunto (Tabelas 3 e 4). Nota-se que esses resultados são contraditórios e, portanto, ainda inconclusivos sobre a interferência da percepção do aluno sobre seu conhecimento na construção de novos conhecimentos a partir desse modelo de experimento. No entanto, sabe-se que quando se leva em consideração o conhecimento prévio do aluno, diversos artigos demonstraram sua relevância para o aprendizado e memória processual (Alegro, 2008; Hailikari, 2008; Hoz *et al.*, 2001; van Kesteren *et al.*, 2018). Utilizando diferentes metodologias, como mapa cognitivo e grupos de conceitos (Hoz *et al.*, 2001), além de reativação de memória usando palavras e figuras (van Kesteren *et al.*, 2018), eles demonstraram como o pré-conhecimento foi importante na aquisição de novas informações relacionadas a conceitos aprendidos anteriormente. Embora não tenha sido possível estabelecer, a partir dos resultados obtidos neste trabalho, uma relação entre conhecimento prévio, estratégia de atenção visual e construção de novos conhecimentos, vale lembrar que o questionário pré-aula analisava a percepção dos alunos sobre seus próprios conhecimentos em relação ao tema abordado na aula, o que pode representar um conhecimento superestimado por eles. Essas razões poderiam ter colaborado para uma atenção menor nos slides por acharem que já possuíam informações suficientes sobre comportamento animal, levando a um resultado insatisfatório no questionário pós-aula.

Quando se observa os diferentes momentos da aula, a média da duração da fixação manteve-se constante entre a introdução e parte principal, o que poderia significar que esse parâmetro tem qualidades próprias, ou seja, não sofre alteração pelo fator momento da aula. Já a média do número de visitas e fixações mostram que na parte principal da aula há maior exploração espacial com mais visitas do que a introdução, o que acaba sendo refletido no número de fixações.

Além de buscar um registro exploratório inicial sobre o comportamento visual durante uma aula expositiva com slides, a segunda etapa das análises debruçou-se sobre os dados registrados pelo *Eye Tracker* para as diferentes áreas de interesse dentro de cada área temática e suas possíveis relações com a aprendizagem. Como já mencionado, os parâmetros fornecidos pelo *Eye Tracker* foram: média

do número e duração de fixações e visitas para cada conjunto de slides, de acordo com as áreas temáticas mencionadas acima. Ao submeter os participantes à apresentação de materiais didáticos normalmente utilizados em aula, como figuras, textos e gráficos, juntamente ou não com textos lidos ou escritos permitiu-se analisar como ocorre a alocação atencional frente a esses elementos. A Figura 5 expressa a comparação entre as áreas temáticas (imagem, texto lido, texto sem ler, texto lido com imagem, texto não lido com imagem) e áreas de interesse (imagem, texto, título e professor), onde identificamos a área de interesse atendida pelo aluno durante cada slide. O título não possuiu valores significativos na maior parte das análises. Segundo Friedman (1979), quando se observa algo em uma cena é comum se demorar um tempo maior em partes com menor probabilidade de serem encontradas. Como o título continha um texto igual e constantemente repetido em todos os slides, sua visualização foi baixa, como mostram os resultados das figuras 2 e 3. Em relação aos slides com apenas imagens, os alunos fixaram mais vezes e por um tempo maior sua atenção na professora e na imagem, assim como visitaram mais essas áreas. Naqueles que continham somente texto lido, a média do número de fixações foi maior na professora, mas a média da duração delas e as visitas tiveram maior valor registrado no texto. Nos slides com texto não lido houve uma quantidade e duração maior das visitas e fixações na professora, com exceção para o número de visitas que foi maior no texto. Quando havia texto lido junto com imagem, o foco dos alunos em relação às fixações e visitas foi maior na imagem e depois na professora, sendo o texto a parte que menos teve atenção. Por fim, no texto não lido mais imagem, observou-se algo parecido como que foi visto em texto lido com imagem. Assim, numerosas visitas nos textos, mesmo estes não recebendo um número elevado ou um tempo de fixações mais longas, podem sugerir que tenham funcionado como um distrator em vários momentos, não segurando a atenção do aluno de forma a contribuir, efetivamente, para a aprendizagem. Isso parece ser ainda mais pronunciado para os textos não lidos, uma vez que receberam um número ainda menor de fixações. Outra hipótese a ser considerada é a maior dificuldade na compreensão das informações do texto, sendo necessário um número maior de visitas para essa área de interesse. Gottlob (2007) sugere que muitas visitas podem corresponder a processos cognitivos demorados, pois os alunos precisam entrar e sair do mesmo local na tentativa de analisar todas as informações presentes ali e ativar continuamente sua memória de trabalho. Isso vai ao encontro aos resultados que mostram poucas visitas para a professora e muitas para o texto, que precisa ser constantemente avaliado pelo aluno para entender seu significado. Além disso, com o tempo a atenção vai diminuindo e é necessário voltar àquela área de interesse múltiplas vezes para seguir o processo, estimulando a memória envolvida no aprendizado (Galpin & Underwood, 2005).

Ainda sobre os resultados acima destacados, podemos observar a ampla presença da professora no espectro atencional do aluno pela alta duração das fixações em todas as áreas temáticas. Isso demonstra sua importância nos processos cognitivos relacionados à aprendizagem da aula. Além

disso, a professora também parece auxiliar no direcionamento da atenção dos alunos quando observamos a baixa atenção nos textos não lidos. Deve-se levar em consideração que a atenção visual ocorre concomitante com a auditiva, ao longo da aula, sendo que esse fator não foi controlado durante o experimento. Assim, o professor é atendido tanto visualmente quanto pela informação auditiva, o que pontua a sua relevância para o direcionamento dos processos cognitivos durante a aula. Estudos sugerem que os aprendizes podem passar mais tempo olhando para as figuras quando estas são apresentadas junto com textos falados, em vez de dividir sua atenção entre o texto e a figura. Schmidt-Weigand *et al.* (2010) constataram que figuras ou animações apresentadas concomitantemente a textos falados, em vez de escritos, levam a um melhor aprendizado, devido a um efeito de modalidade. Isso vai ao encontro com os resultados deste trabalho, uma vez que imagem foi a área de interesse mais atendida após a professora

Quando se observa apenas as áreas de interesse (Figura 6) nas partes introdutória (abordagem inicial sobre etologia) e principal (informações relativas aos tipos de comportamento animal) dos slides, a duração da fixação é maior na professora, seguida pela imagem e por último texto. Em relação à média do número de fixações isso se altera, com a imagem recebendo mais vezes o direcionamento do olhar, sendo a professora e texto com quantidades muito parecidas na parte principal, mas com o texto carregando mais fixações do que a professora na parte introdutória. Observa-se os mesmos dados descritos acima em relação à média da duração e número de visitas, com exceção para a parte introdutória, onde o texto teve um tempo maior de duração da visita, seguida por professora e imagem quase iguais nesse quesito. Henderson *et al.* (1999) averiguaram que a duração do olhar e a duração total da fixação são mais significativas em locais que fornecem informações importantes. Um interessante experimento realizado por Mackworth & Morandi (1967) com fotografias demonstraram algo parecido com o que Henderson *et al.* (1999) verificou décadas depois, supondo que as partes com menos informações não foram fixadas (ou visitadas) e, provavelmente, sofreram algum tipo de filtragem pela visão periférica induzida pela análise de que aquelas partes não eram relevantes. Em paralelo com nossos resultados, destacamos a professora sendo a área de interesse com mais informações a serem atendidas e, conseqüentemente, recebendo maior duração das fixações. Quando se observa a média do número total de fixações e visitas, essa medida mostra o grau de interesse do aluno naquela área ou alguma dificuldade em codificá-la (Jacob & Karn, 2003). Nota-se, novamente, que a quantidade de informações provenientes da professora a serem assimiladas pelos alunos é refletida no maior número de fixações sobre ela. Por outro lado, a presença de diversos elementos como figuras, textos e gráficos levam à divisão atencional entre essas áreas que podem apenas receber um número elevado de visitas, sem, no entanto, receberem fixações prolongadas. Ainda, o direcionamento atencional muitas vezes é dado pela professora, o que também captura a atenção dos alunos. Como sabemos, o desvio de atenção endógeno ou exógeno estão

presentes durante uma aula. A todo o momento ocorre uma espécie de “competição” entre essas duas formas de orientação atencional. O foco da atenção tende a permanecer voluntariamente sustentado numa tarefa ou estimulação sensorial, mas é a todo instante capturado reflexamente por estímulos salientes sem que, necessariamente, sejam mais relevantes para a construção de um raciocínio em desenvolvimento.

Uma última questão levantada por este trabalho buscou identificar relações entre erros/acertos das questões pós-aula e o direcionamento do olhar sobre as áreas de interesse, para compreender se diferentes estratégias de atenção visual poderiam refletir no nível de aprendizado dos alunos. No entanto, ambos os subgrupos de acerto e erro das questões 1C e 3 apresentaram maior duração e número de fixações e visitas nas áreas temáticas Professor e Imagem comparados a Texto, e maior média da duração da fixação e duração e número de visitas na área temática Professor comparada à Imagem, mostrando que os dois grupos atenderam mais à professora, seguido da imagem e, por fim, o texto. Isso mostra que não houve influência da estratégia de atenção sobre o aprendizado, uma vez que o comportamento visual apresentado foi o mesmo para os dois grupos (erro e acerto). Na questão 1C (figura 7) foi colocado um exemplo de *imprinting* onde o voluntário deveria escrever se era um comportamento inato ou aprendido. O slide que correspondia a esse assunto apresentava somente imagem. Neste momento, foi possível perceber que a atenção do aluno continua maior para a professora. Havia um pequeno texto apenas para ilustrar de que comportamento se tratava aquele slide, o que explica a baixa frequência de fixações e visitas nesta parte. Os voluntários que acertaram a questão fixaram seu olhar e fizeram visitas mais vezes na imagem do que na professora, enquanto os que erraram se demoraram um tempo maior na imagem e professora. A pergunta 3 tratava de habituação em que o aluno precisava dar um exemplo de seu cotidiano relacionado a esse comportamento. O slide correspondente ao termo mostrava uma imagem e um conceito que não era lido pela professora. Novamente a imagem e a professora tiveram a preferência do olhar dos alunos. Os que acertaram ficaram um tempo maior de fixação e visita na imagem e observaram mais o texto em detrimento daqueles que erraram. Por fim, a pergunta 4 estava ligada à imitação e os voluntários precisavam dar um exemplo fictício deste comportamento. O slide deste termo apresentava conceito lido pela professora e imagem. É possível perceber pelos gráficos que o texto apresentou um pequeno aumento de visualizações, mas a figura da professora e a imagem ainda foram as preferidas para os estudantes. Esses resultados também sugerem que o direcionamento do olhar da professora pode ter influenciado o direcionamento da atenção dos alunos, uma vez que as figuras nos slides demandavam maior interação da professora para a explicação e os textos não lidos não foram tão fortemente atendidos por eles, mas sim a docente. Isso vai ao encontro de De Koning *et al.* (2010) que utilizaram animações do sistema cardiovascular e pistas visuais para detectar como a atenção era atraída. Eles perceberam que inicialmente os voluntários observavam as partes destacadas, mas essa atenção não

era contínua, diferentemente do que acontecia quando havia várias pistas indicando diferentes partes ao mesmo tempo. Além disso, eles sugeriram que uma área de interesse apenas limita para qual parte os voluntários deveriam olhar após uma sugestão, sem dar maiores explicações sobre como processar os elementos contidos nela, o que interfere na movimentação ocular principalmente daqueles alunos que não têm um bom conhecimento sobre o assunto. Isso poderia ser uma possível explicação também para o fato dos alunos que acertaram e erraram as questões 1C e 3 terem o mesmo comportamento visual. Eles direcionaram o olhar para áreas de interesse em comum no slide, mas não sabiam como analisar as informações contidas ali. Alguns conseguiram realizar essa ação de modo mais assertivo e isso se refletiu no questionário pós-aula, mas outros tiveram mais dificuldades, o que resultou em erros na questão associada aquele slide. Além disso, é importante destacar que o conhecimento prévio traz mais elementos que auxiliam em uma melhor abordagem do conteúdo ministrado na aula como discutido anteriormente.

Embora a análise dos dados tenha colocado o professor seguido da imagem como os elementos mais atendidos ao longo da aula, não foi possível identificar um padrão de comportamento ocular que favorecesse os processos cognitivos envolvidos com a aprendizagem, no modelo aqui proposto. Tomados em conjunto, os resultados do presente trabalho apresentam resultados exploratórios sobre o comportamento ocular que podem direcionar importantes questões metodológicas para futuros trabalhos, como também traz novos questionamentos sobre a importância da interação entre os diversos elementos que compõem uma aula. Atualmente, a aproximação entre neurociência e educação tem sido fortemente estimulada por importantes trabalhos científicos que dão fôlego para que novos trabalhos se desenvolvam com o intuito de que os conhecimentos das bases biológicas da cognição possam, efetivamente, contribuir para a construção do conhecimento no ambiente escolar.

5. CONCLUSÃO

O estudo da investigação da alocação atencional por meio dos movimentos oculares do presente trabalho trouxe mais dados sobre o comportamento de alunos durante uma aula expositiva. Os alunos atenderam de maneira diferente às áreas de interesse a que foram expostos visualmente. A área de interesse Professora foi a mais atendida, na maioria das vezes, seguida da Imagem e Texto. Ainda, destacamos a importância da professora dentro do espectro atencional do aluno para as diferentes áreas temáticas propostas, observada pelos registros da média do número e duração de fixações e pelo provável direcionamento do foco atencional do aluno para as demais áreas de interesse.

Não foi possível estabelecer uma relação entre erros e acertos das questões pós-aula com o direcionamento do olhar sobre as diferentes áreas de interesse. Entretanto, este estudo demonstrou a possibilidade da utilização da análise dos movimentos oculares como um recurso para a busca de mais subsídios para o entendimento dos mecanismos neurais e cognitivos subjacentes aos processos perceptuais envolvidos no processo ensino-aprendizagem e poderá orientar futuras estratégias de ensino e pesquisa.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alegro RC (2008) Conhecimento prévio e aprendizagem significativa de conceitos históricos no ensino médio. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho, Marília, SP.

Arriada, E, Nogueira GM, Vahl MM (2012) A sala de aula no século XIX: disciplina, controle, organização. **Conjectura**, 17(2): 37-54.

Atkinson RC, Shiffrin RM (1968) Human memory: A proposed system and its control processes. In K.W.Spence and J. T. Spence (Eds.), **The Psychology of Learning and Motivation: Advances in Research and Theory**. New York: Academic Press.

Aumann D, Heschong LL, Wright R, Peet R (2003) Windows and Classrooms: Student Performance and the Indoor Environment. Fair Oaks CA: Californian Energy Commission.

Ausubel D (1968) **Educational Psychology: A Cognitive View**. New York: Holt, Rinehart & Winston.

Barreto A (2012) Eye tracking como método de investigação aplicado às ciências da comunicação. **Revista Comunicando** 1(1): 168-186.

Barrett P, Davies F, Zhang Y, Barrett L (2015) The impact of classroom design on pupils' learning: final results of a holistic, multi-level analysis. **Building and Environment**, 89: 118-133.

Bassett DS & Mattar MG (2017) A Network Neuroscience of Human Learning: Potential to Inform Quantitative Theories of Brain and Behavior. **Trends in Cognitive Sciences**, 21(4): 250-264.

Blanco W, Pereira CM, Cota VR, Souza AC, Rennó-Costa C, Santos S, et al. (2015) Synaptic Homeostasis and Restructuring across the Sleep-Wake Cycle. **PLoS Comput Biol** 11(5): e1004241.

Bruer J (1997) Education and the brain: A bridge too far. **Educational Researcher**, 26, 4–16.

Buswell GT (1935) How people look at pictures. **Chicago: University of Chicago Press**.

- Charness N, Reingold EM, Pomplun M, Stampe DM (2001) The perceptual aspect of skilled performance in chess: evidence from eye movements. **Memory and Cognition**, 29:1146-1152.
- Chipman S (1986) **Integrating three perspectives on learning**. In: Friedman, S.L., Klivington, K.A., Peterson, R.W. (Eds.), *The Brain, Cognition, and Education*. Academic Press, San Diego, CA, pp. 203–209.
- De Koning BB, Tabbers HK, Rikers RMJP, Paas F (2010) Attention guidance in learning from complex animation: Seeing is understanding? **Learning and Instruction**, 20:111-122.
- Dikker S, Wan L, Davidesco I, Oostrik M, Rowland J, Michalareas G, Van Bavel JJ, Ding M, Poeppel D. (2017) Brain-tobrain synchrony tracks real-world dynamic group interactions in the classroom. **Curr. Biol.** 27, 1375–1380.
- Duchowki AT (2007) **Eye Tracking Methodology: Theory and Practice**. London: Springer.
- Field A (2009) **Descobrimos a Estatística Usando o SPSS**. 2 ed. São Paulo: ArtMed.
- Field GD, Chichilnisky EJ (2007) Information processing in the primate retina: Circuitry and coding. **Annual Review Neuroscience**, 30:1-30.
- Findley JM & Gilchrist ID (2003) **Active Vision: The Psychology of Looking and Seeing**. Oxford University Press.
- Friedman A (1979) Framing Pictures: The Role of Knowledge in Automated Encoding and Memory for Gist. **Journal of Experimental Psychology**, 108(3): 316-355.
- Galpin AJ & Underwood G. (2005) Eye movements during search and detection in comparative visual search. **Perception & Psychophysics**, 67, 1313-1331.
- Gaurdino CA & Fullerton E (2010) Changing Behaviors by Changing the Classroom Environment. **Teaching Exceptional Children**, 42 (6): 8-13.
- Gazzaniga MS, Ivry RB, Mangun GR (2006) **Neurociência Cognitiva: A Biologia da Mente**. Artmed.

Gottlob LR (2007) Aging and comparative search for feature differences. **Neuropsychology, Development and Cognition**, 13, 435-457.

Grant ER & Spivey MJ (2003) Eye movements and problem solving: Guiding attention guides thought. **Psychological Science**, 14: 462-466.

Haider H, Frensch PA (1999) Eye movement during skill acquisition: More evidence for the information reduction hypothesis. **Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition**, 25:172-190.

Hailikari T, Katajavuori N, Lindblom-Ylänne S (2008) The Relevance of Prior Knowledge in Learning and Instructional Design. **American Journal of Pharmaceutical Education**, 72 (5): 113.

Henderson JM, Weeks PA, Jr. and Hollingworth A. (1999) Eye movements during scene viewing: Effects of semantic consistency. **Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance** 25: 210-228.

Heschong LL, Wright R, Okura S (2000) Daylighting and Productivity: Elementary Schools Studies. **ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Buildings**, p. 8.149.

Hoz R, Bowman D, Kozminsky E (2001) The differential effects of prior knowledge on learning: A study of two consecutive courses in earth sciences. **Instructional Science** 29: 187 - 211.

Jacob RJK & Karn KS (2003) Eye tracking in human-computer interaction and usability research: Ready to deliver the promises. **The Mind's Eye: Cognitive and Applied Aspects of Eye Movement Research**, 573-605.

Jarodzka H, Scheiter K, Gerjets P, Van Gog T (2010) In the eyes of the beholder: How experts and novices interpret dynamic stimuli. **Learning and Instruction**, 20:146-154.

Kandel ER, Wurtz RH (2000) Perception of motion, depth, and form. In Kandel ER, Schwartz JH, Jessell TM (Eds) **Principles of Neural Science**. MacGraw-Hill.

Kim H, Byers AI, Cameron CE, Brock LL, Cottone EA, Grissmer DW (2016) Unique contributions of attentional control and visuomotor integration on concurrent teacher-reported classroom functioning in early elementary students. **Early Childhood Research Quarterly**, 36: 379-390.

K,,

Kleiser R, Seitz RJ, Krekelberg B (2004) Neural correlates of saccadic suppression in humans. **Current Biology**, 14:386-390.

Knudsen EI (2007) Fundamental components of attention. **Annual Review of Neuroscience**, 30: 57-78.

Krekelberg B. (2010) Saccadic suppression. **Current Biology**, 20:228-229.

Lin JJH, Lin SSJ (2014) Tracking eye movements when solving geometry problems with handwriting devices. **Journal of Eye Movement Research**, 7(1), 1-15.

Mackworth NH & Morandi AJ (1967) The gaze selects informative details within pictures. **Perception & Psychophysics**, 2: 547-552.

Masland RH (2001) The fundamental plan of the retina. **Nature Neuroscience**, 4:877-886.

Mareschal D (2016) The neuroscience of conceptual learning in science and mathematics. **Current Opinion in Behavioral Sciences**, 10: 114-118.

Mayer RE (2005) **The Cambridge handbook of multimedia learning**. New York: Cambridge University Press.

Norwich KH (1993) **Information, sensation and perception**. San Diego: Academic Press.

Novak JD (1981) **Uma teoria de educação**. São Paulo, Pioneira. Tradução para o português, de M.A. Moreira, do original A theory of education. Ithaca, N.Y., Cornell University, 1977. 252 p.

Novak JD, Gowin DB (1984) **Learning how to learn**. Ithaca: Cornell University Press.

- Pereira C & Haddad H (2015) **O papel dos gestos na compreensão de narrativas em língua inglesa**. Dissertação de mestrado, Instituto de Psicologia, Universidade de São Paulo.
- Posner MI, Snyder CRR, Davidson BJ (1980) Attention and the detection of signals. **Journal of Experimental Psychology: General**, 109:160-174.
- Posner MI, Raichle ME (1994) **Images of mind**. New York: Scientific American Library.
- Posner MI, Rothbart MK (2014) Attention to Learning of School Subjects. **Trends Neurosci Educ**. 3(1):14-17.
- Sætra E (2020) Discussing Controversial Issues in the Classroom: Elements of Good Practice. **Scandinavian Journal of Educational Research**.
- Schmidt-Weigand F, Kohert A, Glowalla U (2010) A closer look at split-visual attention in system- and self-paced instruction in multimedia learning. **Learning and Instruction**, 20:100-110.
- Schneps MH, Rose TL, Fischer KW (2007) Visual learning and the brain: Implications for dyslexia. **Mind, Brain, and Education** 1(3), 128–139.
- Sergis S, Sampson DG, Rodríguez-Triana MJ, Gillet D, Pelliccione L, Jong T (2017) Using educational data from teaching and learning to inform teachers' reflective educational design in inquiry-based STEM education. **Computers in Human Behavior**, 88: 1-15.
- Sigman M, Peña M, Goldin AP, Ribeiro S (2014) Neuroscience and education: prime time to build the bridge. **Nature Neuroscience**, 17: 497–502.
- Simons DJ, Levin DT (1997) Change Blindness. **Trends in Cognitive Sciences**, 1:261-267.
- Sinkkonen J (1999) Information and resource allocation. In: Baddeley R, Hancock P, Földiák P. **Information Theory and the Brain**. Cambridge University Press.
- Steinman SB, Steinman BA (1998) Vision and attention. I: Current models of visual attention. **Optom Vision Science**, 75:146-155.

Sternberg RJ (2010) **Psicologia Cognitiva**. São Paulo: Cengage Learning.

Suprayogi MN, Valcke M, Godwin R (2017) **Teaching and Teacher Education**, 67: 291-301.

Thomas LE, Lleras A (2007) Moving eyes and moving thought: on the spatial compatibility between eye movements and cognition. **Psychonomic Bulletin and Review**, 14:663-668.

Thomas LE, Lleras A (2009) Covert shifts of attention function as an implicit aid to insight. **Cognition**, 111:168-174.

UNESCO. **Declaração Mundial sobre Educação para Todos**: plano de ação para satisfazer as necessidades básicas de aprendizagem, 1990. Disponível em: <<http://unesdoc.unesco.org/images/0008/000862/086291por.pdf>>. Acesso em: 14 fev. 2018.

Utriainen J, Tynjälä P, Kallio E, Marttunen M (2018) Validation of a modified version of the Experiences of Teaching and Learning Questionnaire. **Studies in Educational Evaluation**, 58: 133-143.

Van Gog T, Paas F, Van Merriënboer JJG, Witte P (2005) Uncovering the problem-solving process: Cued retrospective reporting versus concurrent and retrospective reporting. **Journal of Experimental Psychology: Applied**, 11:237-244.

Van Kesteren MTR, Krabbendam L, Meeter M (2018) Integrating educational knowledge: reactivation of prior knowledge during educational learning enhances memory integration. **Science of Learning**, p. 3-11.

Wang HS, Chen YT, Lin CH (2014) The learning benefits of using eye trackers to enhance the geospatial abilities of elementary school students. **British Journal of Educational Technology**, 45 (2): 340-355.

Yang MH & Fischer KW (2010) Neuroscience Bases of Learning. **International Encyclopedia of Education (Third Edition)**, p. 310–316.

Yantis S, Jonides J (1990) Abrupt visual onset and selective attention: Voluntary versus automatic allocation. **Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance**, 16:121-134.

7. ANEXO

7.1 Comitê de Ética de Pesquisa em Seres Humanos

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: MOBILIZAÇÃO ATENCIONAL E MOVIMENTOS OCULARES COMO INSTRUMENTOS DE INVESTIGAÇÃO E AVALIAÇÃO DO PROCESSO ENSINO-

Pesquisador: LEILA MIGUEL STAVALE

Área Temática:

Versão: 3

CAAE: 96444517.1.0000.5561

Instituição Proponente: UNIVERSIDADE DE SAO PAULO

Patrocinador Principal: UNIVERSIDADE DE SAO PAULO

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 3.518.175

Apresentação do Projeto:

A proposta do presente projeto é a de fornecer métodos alternativos de avaliação para o processo ensino-aprendizagem. Esses métodos baseiam-se no estudo de alocação de recursos atencionais e cognitivos por parte dos alunos durante o aprendizado realizado em sala de aula. A investigação da alocação desses recursos será feita por meio do estudo de movimentos oculares. O rastreamento desses movimentos, como será descrito adiante, pode fornecer informações relevantes sobre os processos cognitivos envolvidos na aprendizagem. Podem também ser relacionados com a formação de mapas conceituais, lançando luz sobre os mecanismos neurais subjacentes a o processo de formação de estruturas conceituais por parte dos estudantes. O objetivo principal desse projeto é o de acrescentar a uma avaliação majoritariamente classificatória, estratégias de avaliação que sejam também diagnósticas e, sobretudo formativas.

Objetivo da Pesquisa:

O objetivo principal do presente projeto é o de investigar a participação da alocação atencional e de movimentos oculares no processo ensino-aprendizagem. Esse estudo permitirá o avanço no entendimento dos mecanismos neurais e cognitivos subjacentes aos processos perceptuais e sensório-motores envolvidos na aprendizagem. Permitirá também o desenvolvimento de métodos alternativos de avaliação do desempenho escolar no ensino médio, seu foco principal. Esses métodos baseiam-se fundamentalmente na comparação entre o padrão de movimentos oculares e

Endereço: Av. Prof. Mello Moraes, 1721 - Bloco G - Sala 27

Bairro: Cidade Universitária

CEP: 05.508-030

UF: SP

Município: SAO PAULO

Telefone: (11)3091-4182

E-mail: cep@usp.br

Continuação do Parecer: 3.518.175

na alocação de recursos atencionais de novatos e experientes ao longo do processo de aprendizagem. Acreditamos esse tipo estratégia avaliativa contínua forneça subsídios para avaliações mais formativas, orientando futuras ações e estratégias de ensino.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Conforme a pesquisadora,

"Riscos:

Há riscos mínimos para os participantes envolvidos, como, por exemplo, algum cansaço após o experimento.

Benefícios:

Acreditamos que a investigação da alocação atencional e de movimentos oculares constitui um avanço no entendimento dos mecanismos neurais e cognitivos subjacentes aos processos perceptuais envolvidos no processo ensino-aprendizagem. O desenvolvimento de métodos alternativos de avaliação do desempenho escolar baseado nesse tipo de pesquisa poderá orientar futuras estratégias de ensino. Aliados a outros tipos de investigações científicas sobre como se dá o ato de aprender na escola, esperamos que, num futuro próximo, o campo da neurociência possa efetivamente tomar-se parte integral da educação e da elaboração de projetos pedagógicos."

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Conforme a pesquisadora, no documento intitulado Resposta_parecer.doc,

"O revisor do projeto apontou a ausência da descrição dos experimentos referentes fase 2. Entretanto, o projeto tinha a intenção inicial de usar como voluntários alunos do Ensino Médio. Devido a problemas de logística pelo fato de que o equipamento para gravar a movimentação ocular é de alto custo e pesado, além de ser utilizado para experimentos com outros alunos da USP, inviabilizando seu deslocamento, optamos por usar alunos de graduação da USP. Essa escolha está de acordo com os objetivos do trabalho, uma vez que os voluntários serão estudantes do 1º ano de graduação em Ciências Biológicas, já que a aula gravada se refere a um assunto (Comportamento Animal) abordado apenas no fim do 1º ano, e por serem estudantes que saíram há pouco tempo do Ensino Médio. Essa última característica visa identificar como eles aprenderam a observar uma aula antes de entrar na faculdade. Trabalhos futuros terão o interesse de fazer comparações com aqueles que estão prestes a se formar numa universidade para avaliar se suas compreensões e análises de aula se alteraram no percurso.

A fase 2 foi excluída do processo pelos problemas relatados acima. Tínhamos a intenção de adquirir um equipamento no formato de um óculos que fizesse a captura da movimentação ocular mas devido a cortes no orçamento da USP a ideia foi adiada.

Endereço: Av. Prof. Mello Moraes, 1721 - Bloco G - Sala 27

Bairro: Cidade Universitária

CEP: 05.508-030

UF: SP

Município: SAO PAULO

Telefone: (11)3091-4182

E-mail: ceph.ip@usp.br

Continuação do Parecer: 3.518.175

Sobre a solicitação referente aos critérios de inclusão e exclusão, esclarecemos que os participantes serão excluídos caso tenham estudado a fundo o tema Comportamento Animal antes de assistir a aula, não pertençam ao 1º ano de Ciências Biológicas da USP ou seus movimentos oculares não sejam captados corretamente pelo equipamento. Além disso, fizemos um questionário com alguns itens que poderiam inviabilizar a participação no projeto, como possuir algum distúrbio de caráter cognitivo (por exemplo, TDAH), medicação que possa interferir na atenção, assim como alterações no sono ou ingestão prévia de bebida alcoólica próximo do experimento. Esses itens poderiam influenciar nos resultados do trabalho e, por isso, colocados em um questionário prévio para os participantes antes de começar o experimento.

Os critérios de inclusão são: ser aluno da USP, estar no 1º ano de Ciências Biológicas e não possuir conhecimentos mais aprofundados sobre o tema da aula (Comportamento Animal)."

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Conforme a pesquisadora, no documento intitulado Resposta_parecer.doc,

"Sobre a solicitação referente aos locais e durações das intervenções, esclarecemos que o experimento será realizado no laboratório do Prof. André Frazão, no Departamento de Fisiologia Animal, Instituto de Biociências, USP. A aula gravada tem duração de 15 minutos, mas o aluno irá responder alguns questionários para avaliar seus conhecimentos antes e depois do experimento, assim como fornecer informações pessoais e pertinentes ao experimento.

Antes do início dos procedimentos experimentais, o aluno responderá a um questionário de avaliação geral com informações pessoais e perguntas referentes aos critérios de exclusão descritas anteriormente, bem como a um questionário pré-aula com questões sobre Comportamento Animal para avaliar seus conhecimentos sobre o assunto e um termo de consentimento para participação no experimento. Em seguida, será conduzido aos seguintes procedimentos experimentais: a) será levado a uma sala com o projetor e equipamento de movimentação ocular, onde se senta da maneira mais confortável possível; b) O aluno fará um teste de calibragem dos olhos para que o Eye Tracker consiga ler corretamente a direção do olhar; c) Será feita a projeção da aula, sendo que o aluno ficará sozinho na sala com a luz acesa e isolado de barulhos externos; e) Após isso, que deve ter uma duração aproximada de 20 minutos, o aluno responderá a um questionário pós-aula com perguntas sobre a aula assistida para avaliar o que foi apreendido.

Sobre a solicitação para Reformular o TCLE em conformidade com a Resolução CNS no.466/12,

Endereço: Av. Prof. Mello Moraes, 1721 - Bloco G - Sala 27
Bairro: Cidade Universitária CEP: 05.508-030
UF: SP Município: SAO PAULO
Telefone: (11)3091-4182 E-mail: ceph.ip@usp.br

Continuação do Parecer: 3.518.175

devendo ser redigido em forma de convite, esclarecemos que não é necessário, visto que a fase 2 foi excluída do projeto."

Recomendações:

Recomenda-se incluir o critério de inclusão do participante ser maior de idade para evitar o uso de TALE.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

O projeto está aprovado.

Informar essa alteração no projeto por notificação na Plataforma Brasil.

Considerações Finais a critério do CEP:

Considerações finais a critério do CEP:

Diante do exposto, o Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos, de acordo com as atribuições definidas na Resolução CNS nº 510 de 2016, na Resolução CNS nº 466 de 2012 e na Norma Operacional nº 001 de 2013 do CNS, manifesta-se pela aprovação do projeto de pesquisa proposto.

Situação: Protocolo aprovado.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_921060.pdf	04/08/2019 23:40:51		Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_Leila_versaofinal.pdf	04/08/2019 23:38:50	LEILA MIGUEL STAVALE	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TERMO_DE_CONSENTIMENTO_LIVRE_E_ESCLARECIDO_Leila.pdf	04/08/2019 23:38:30	LEILA MIGUEL STAVALE	Aceito
Parecer Anterior	Resposta_parecer.doc	22/03/2019 00:09:15	LEILA MIGUEL STAVALE	Aceito
Folha de Rosto	Folha_rosto_final.pdf	20/08/2018 00:35:00	LEILA MIGUEL STAVALE	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	carta_anuencia.pdf	20/08/2018 00:33:55	LEILA MIGUEL STAVALE	Aceito
Declaração de Pesquisadores	Declaracao_Leila.pdf	20/08/2018 00:32:55	LEILA MIGUEL STAVALE	Aceito

Endereço: Av. Prof. Mello Moraes, 1721 - Bloco G - Sala 27

Bairro: Cidade Universitária

CEP: 05.508-030

UF: SP

Município: SAO PAULO

Telefone: (11)3091-4182

E-mail: ceph.ip@usp.br

USP- INSTITUTO DE
PSICOLOGIA DA
UNIVERSIDADE DE SÃO



Continuação do Parecer: 3.518.175

Declaração de Instituição e Infraestrutura	Declaracao_infraestrutura.pdf	20/08/2018 00:32:36	LEILA MIGUEL STAVALE	Aceito
--	-------------------------------	------------------------	-------------------------	--------

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

SAO PAULO, 20 de Agosto de 2019

Assinado por:
Jose de Oliveira Siqueira
(Coordenador(a))

7.2 Termo de Consentimento Livre e Esclarecido



TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Eu, Leila Miguel Stávale, doutoranda do Curso de Pós-Graduação em Neurociência e Comportamento do Instituto de Psicologia da USP, estou realizando uma pesquisa intitulada de “Mobilização atencional e movimentos oculares como instrumentos de investigação e avaliação do processo ensino-aprendizagem”. Essa pesquisa tem como objetivo: investigar a influência dos processos atencionais na aprendizagem de uma aula.

Para tanto, gostaria que você participasse desta pesquisa, na qual me comprometo a seguir a Resolução CNS 96/1996, relacionada à Pesquisa com Seres Humanos, respeitando o seu direito de:

- 1- Ter liberdade de participar ou deixar de participar do estudo, sem que isso lhe traga algum prejuízo ou risco,
- 2- Manter o seu nome em sigilo absoluto, sendo que o que disser não lhe resultará em qualquer dano à sua integralidade,
- 3- Interromper a participação na pesquisa caso se sinta incomodado (a) com a mesma,
- 4- Responder as questões levantadas pela pesquisadora caso seja solicitado (a) para uma entrevista, onde será marcado um local na instituição, horário e data em que possa se sentir mais confortável,
- 5- Garantia de receber uma resposta a alguma dúvida durante ou após a entrevista.
- 6- Garantia de receber os resultados da pesquisa.

Esclareço que antes do início da série de experimentos, o voluntário responderá a um questionário de avaliação geral, para filtrar doenças crônicas, distúrbios mentais, uso de medicamentos e abuso de drogas ou álcool. Também será necessário responder outro questionário sobre os conhecimentos que possui em Comportamento Animal. Após a nossa análise dos questionários e sua confirmação e consentimento para participação nos experimentos, agendaremos dia e hora para que compareça a sala do Prof. André Frazão, no Departamento de Fisiologia, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, onde se encontra o equipamento da pesquisa.

Os riscos são mínimos, uma vez que os aparelhos não machucam, não causam dor e não oferecem nenhum perigo como risco de choque elétrico. Os produtos utilizados não são irritantes, nem considerados alergênicos.

Caso haja necessidade, será ressarcido de eventuais despesas decorrentes da participação na presente pesquisa.

A sua participação nesta pesquisa irá contribuir para que os processos atencionais e emocionais possam ser mais bem caracterizados.

Este Termo de Consentimento será emitido em duas vias, sendo que uma via ficará em poder do pesquisador e a outra em poder do participante.

Deixo telefone para contato: (16-997677872) – (Leila Miguel Stávale) e o endereço do IP-USP no rodapé deste impresso, para que possa obter mais esclarecimentos ou informações sobre o estudo e sua participação.

Grata pela atenção,

Assinatura da pesquisadora

Declaro que, após convenientemente esclarecido pela pesquisadora e ter entendido o que me foi explicado, consinto em participar do presente Projeto de Pesquisa.

São Paulo, ___/___/___.

Assinatura do sujeito da pesquisa

Responsável pelo projeto: Leila Miguel Stávale. E-mail: leilasta@hotmail.com

Telefone: (16) 99767-7872

Endereço: Instituto de Biociências: Rua do Matão-Travessa 14- N.101. Sala 305, Cidade Universitária.

Telefone: (11) 3091-7519.

Instituto de Psicologia

Av. Prof. Mello Moraes 1721, CEP 05508-030, Cidade Universitária - São Paulo – SP Telefone:(11) 3091-4358/ 3091-4359

E-mail: mclarice@usp.br

Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos do IPUSP (CEPH-IPUSP)

Av. Professor Mello Moraes, 1721 – Bloco G, sala 27. CEP 05508-030 - Cidade Universitária - São Paulo/SP

Telefone: (11) 3091-4182 E-mail: ceph.ip@usp.br

7.3 Questionário de Avaliação Geral



Questionário de Avaliação Geral

Nome: _____ Sexo: () F () M

Idade: ____ Telefone: () _____ e-mail: _____

Curso de graduação: _____ semestre atual: _____

Fez algum outro curso de graduação anterior? () Sim () Não

Se sim, qual? _____

Você possui algum problema de saúde? () Sim () Não

Se sim, qual? _____

Você possui alguma doença, ou faz algum acompanhamento neurológico ou psiquiátrico? () Sim () Não

Se sim, qual? _____

Faz uso de rotina de algum medicamento? () Sim () Não

Se sim, qual? _____

Fuma? () Sim () Não Se sim, quantos cigarros por dia? _____

Faz uso de álcool? () raramente () em poucas ocasiões () todos finais de semana () todos os dias

Fez uso de algum medicamento nas últimas 48h? () Sim () Não

Se sim, qual? _____

Faz uso de algum tipo de droga ilícita? () Sim () Não

Se sim, qual droga? _____ Com qual frequência? _____

Qual foi o horário da sua última refeição? _____

São Paulo, ____ de _____ de 2019.

Assinatura do (a) voluntário (a): _____

7.4 Questionário Pré-Aula



Questionário Pré-Aula

Nome: _____

Coloque uma marca de verificação ao lado dos itens que se aplicam a você:

1. Na maioria das vezes, qual é a sua facilidade para aprender os assuntos abordados no seu curso?

nenhuma pouca moderada intensa

2. Você possui algum conhecimento sobre comportamento animal?

sim não

Se sim, você considera o seu domínio prévio sobre o assunto:

parcial- pequeno parcial-médio parcial-elevado completo

3. Qual é o nível de dificuldade desse tema para você?

nenhuma baixa média alta

4. Você tem interesse pelo tema comportamento animal?

pouco médio muito

5. Você entende a diferença entre comportamento inato e aprendido?

não entendo muito pouco pouco médio muito

6. Você consegue explicar a diferença entre condicionamento clássico e operante?

não consigo muito pouco pouco médio muito

7. Você sabe o que imprinting significa?

não sei muito pouco pouco médio muito

7.5 Questionário Pós-Aula



Questionário Pós-aula

Nome: _____

1. Leia os textos abaixo e classifique-os em comportamentos inatos ou aprendidos.

- a. Ao ver um ovo fora do ninho, o ganso fêmea inicia um movimento repetido de arrastar o ovo com o bico e o pescoço. No entanto, se o ovo escapar ou se o experimentador retirá-lo, o ganso continua a efetuar os movimentos estereotipados mesmo na ausência do ovo até chegar ao ninho, quando então tem de começar tudo de novo. (Retirado de Etologia – Introducción Al Estudio Comparado de Comportamiento)

Resposta: _____

- b. Um sapo jovem vai se alimentar e captura uma libélula, depois uma mosca e por último uma abelha. Depois de um período, esse mesmo sapo passa a se esquivar de moscas e abelhas, alimentando-se apenas de libélulas.

Resposta: _____

- c. Logo que nascem, os filhotes de algumas aves estão aptos a reconhecer os pais. Fez-se um experimento em que os filhotes viram uma ave de papelão ao abrir os olhos pela primeira vez. Essa ave de mentira foi tomada como os parentais daqueles filhotes por toda a vida dos mesmos.

Resposta: _____

- d. Esquilos adultos abrem as nozes diferentemente dos jovens. Os adultos roem a casca em um ponto específico e ela logo se abre. Os jovens demoram um tempo maior e roem a casca de forma mais desordenada.

Resposta: _____

2. O comportamento inato da vespa e aranha apresenta algum tipo de vantagem em relação ao aprendido? Se sim, descreva uma.

3. De acordo com a aula assistida, identifique no seu repertório comportamental do dia a dia um exemplo de comportamento de habituação. Justifique.

4. Crie um exemplo fictício que envolva o tipo de comportamento imitação, discutido durante a aula.