



08, 09, 10 e 11 de novembro de 2022
ISSN 2177-3866

Luz, Câmera, Ação! Um estudo sobre o impacto dos fatores ambientais provocados pela COVID-19 no desempenho de estudantes universitários brasileiros

AHMED SAMEER EL KHATIB

CENTRO UNIVERSITÁRIO ÁLVARES PENTEADO (FECAP)

Luz, Câmera, Ação! Um estudo sobre o impacto dos fatores ambientais provocados pela COVID-19 no desempenho de estudantes universitários brasileiros

1. INTRODUÇÃO

Em março de 2020, a Organização Mundial da Saúde declarou o surto do novo coronavírus SARS-CoV-2 (COVID-19) como uma pandemia mundial. Esta situação tem feito com que funcionários de diferentes empresas e setores em todo o mundo trabalhem remotamente em suas casas (DOUGLAS; KATIKIREDDI; TAULBUT; MCKEE; MCCARTNEY, 2020; LEGIDO-QUIGLEY; REGULEZ CAMPOS; GEASA; MUNTANER; MCKEE, 2020). No Brasil, um dos principais setores em que seus funcionários foram forçados a trabalhar em casa foi o setor de educação. Desde março de 2020, os professores foram obrigados a ministrar aulas online no Brasil e, portanto, os alunos foram obrigados a fazer aulas online de um local diferente em vez de suas salas de aula no campus da universidade. Esse fato tem levado os alunos a se adaptarem às novas condições de fazer aulas e estudar online. Essas condições incluem aspectos ambientais, tecnológicos e psicossociais. Além disso, essas novas condições podem impactar a segurança, o conforto, a saúde e o desempenho acadêmico dos alunos. Da mesma forma, a exposição a diversos níveis de ruído, temperatura e nível de iluminação pode causar distração e desconforto a eles (RIZVI; RIENTIES; ROGATEN; KIZILCEC, 2020; REALYVÁSQUEZ-VARGAS; MALDONADO-MACÍAS; ARREDONDO-SOTO; BAEZ-LOPEZ; CARRILLO-GUTIÉRREZ; HERNÁNDEZ-ESCOBEDO, 2020).

Dessa forma, os alunos precisaram interagir com sua nova estação de estudo (computador, mouse, cadeira, mesa/escrivania, tomadas elétricas etc.) que, se não for projetada de uma abordagem ergonômica, pode fazer com que os segmentos corporais dos alunos adotem posturas forçadas ou desconfortáveis (SHIRZAEI; MIRZAEI; KHAJE-ALIZADE; MOHAMMADI, 2015). Em primeiro lugar, ser exposto a essas posturas desagradáveis pode produzir dor física (nas costas, pescoço, pernas, mãos, dedos, pulsos), possivelmente tornando-se em caráter permanente e irreversível (RODRÍGUEZ-RUIZ; GUEVARA-VELASCO, 2011; REALYVÁSQUEZ-VARGAS et al., 2020). Em relação aos fatores psicossociais, as aulas online podem aumentar a carga de trabalho mental ou fadiga intelectual. Esse incremento é apresentado porque a velocidade com que as aulas são ministradas online é rápida. Outro exemplo é o aprendizado e uso de tecnologias novas e aplicativos desconhecidos (por exemplo, *Google Meet*, *Teams*, *Zoom*, *Blackboard Collaborate*, dentre outros) para realizar seus trabalhos em sala de aula ou para concluir tarefas que os professores atribuem a eles. Até agora, há poucas pesquisas sobre o impacto que as condições ou fatores ambientais (especialmente ruído, temperatura, iluminação) das aulas online têm no desempenho acadêmico de estudantes universitários brasileiros.

Diante desse cenário, o objetivo principal do presente estudo é determinar o impacto das condições ambientais (iluminação, ruído, temperatura) no desempenho acadêmico de estudantes universitários, especificamente dos cursos de Administração, Ciências Contábeis e Economia, que fizeram aulas online no Brasil durante o ano letivo de 2020.

2. PLATAFORMA TEÓRICA E CONSTRUÇÃO DAS HIPÓTESES

2.1. Impacto da COVID-19 no desempenho acadêmico de estudantes universitários

Adnan e Anwar (2020) estudaram as atitudes de estudantes universitários no Paquistão em relação às aulas online durante a pandemia provocada pela COVID-19. Para realizar o estudo, esses autores pesquisaram alunos de graduação e pós-graduação. As perspectivas dos alunos revelaram que, em países subdesenvolvidos como o Paquistão,

as aulas online não podem produzir o desempenho acadêmico desejado, uma vez que a maioria dos alunos não consegue acessar a Internet. Além disso, esses autores descobriram que, durante a pandemia provocada pela COVID-19, os alunos enfrentam outros problemas, como tempo de resposta, ausência da socialização tradicional em sala de aula e falta de interação face a face com o instrutor. Em outra pesquisa, Demuyakor (2020) analisou o nível de satisfação de estudantes internacionais ganenses em instituições de ensino superior na China durante a pandemia provocada pela COVID-19. Para coletar dados, este autor empregou uma pesquisa online focada no nível de satisfação do aprendizado online e como os estudantes internacionais de Gana estavam lidando com essa nova situação. Os resultados indicaram que a maioria dos alunos mostrou uma atitude positiva em relação à implementação das aulas online, embora tenham que pagar custos elevados para acessar à Internet com conectividade muito lenta.

Na mesma esteira, Gonzalez, De-la Rubia, Hincz, Comas-Lopez, Subirats, Fort e Sacha (2020) analisaram os efeitos do confinamento COVID-19 sobre o desempenho de aprendizagem autônoma de alunos do ensino superior, especificamente na *Universidad Autónoma de Madrid*. Para realizar a análise, esses autores utilizaram um experimento de campo que incluiu 458 alunos divididos em dois grupos: o grupo controle e o grupo experimento. Os alunos do grupo experimental foram aqueles que tiveram aulas online como consequência do confinamento. Como resultado, Gonzalez et al. (2020) descobriram que esse confinamento teve um efeito positivo significativo no desempenho acadêmico dos alunos, o que ajudou a melhorar as estratégias de aprendizagem dos alunos para um hábito mais contínuo, melhorando sua eficiência.

Em uma pesquisa mundial, e com uma amostra de 30.383 estudantes universitários de 62 países, Aristovnik, Keržic, Ravšelj, Tomaževic e Umek (2020) analisaram como os alunos percebem o impacto da pandemia COVID-19 em vários fatores que afetam suas vidas em nível global. O estudo revelou que os alunos estavam mais satisfeitos com o apoio prestado pelo corpo docente e as relações públicas de suas universidades. Além disso, esses autores mencionaram que a falta de conhecimentos de informática e a percepção de uma maior carga horária impediram os alunos de perceberem sua própria melhora no desempenho acadêmico no novo ambiente de ensino. Além disso, sua pesquisa revelou que os alunos com certas características sociodemográficas (homens, meio período de estudo, primeiro nível do curso, ciências aplicadas, um padrão de vida mais baixo, da África ou da Ásia) estavam significativamente menos satisfeitos com seu desempenho acadêmico. Dessa forma, pesquisas precedentes indicaram que durante a pandemia provocada pela COVID-19 estudantes de todo o mundo tiveram que se adaptar às novas condições das universidades, o que pode, conseqüentemente, impactar seu desempenho acadêmico (por exemplo, REALYVÁSQUEZ-VARGAS et. al, 2020).

2.2. O impacto da temperatura no desempenho acadêmico de estudantes universitários

O ruído e a iluminação são aspectos que afetam o desempenho dos alunos; da mesma forma, existem vários estudos que mostram que a temperatura impactou no desempenho acadêmico dos estudantes universitários. Por exemplo, López-Chao, Lorenzo & Martín-Gutiérrez (2019) mencionaram que níveis de baixa temperatura tendem a distrair os alunos e torná-los mais alertas, o que aumenta sua atividade nervosa preparando a mente para a ação. Por outro lado, ambientes quentes afetam negativamente seu desempenho em comparação com ambientes termicamente neutros. Monguno, Jimme e Monguno (2017) estudaram ao longo de três anos o impacto da temperatura ambiente no desempenho acadêmico de 259 alunos selecionados aleatoriamente no *Kashim*

Ibrahim College of Education. Além disso, o desempenho do aluno após cada período de avaliação coincidiu aproximadamente com as estações quentes e frias. Na verdade, para medir as percepções dos alunos em relação ao desempenho em ambas as estações, Monguno et al. (2017) aplicaram questionários após o terceiro ano. Algumas diferenças foram encontradas nas estações quentes e frias, impactando no desempenho dos alunos no primeiro e terceiro ano; no entanto, diferenças significativas não puderam ser recuperadas a partir do segundo ano.

Além disso, Phan (2020) examinou o impacto potencial que o gênero tem na percepção térmica e no desempenho acadêmico. Este autor hipotetizou que as mulheres experimentariam um incremento no desempenho acadêmico com o aumento da temperatura, enquanto os homens experimentariam o efeito oposto. Especificamente, para o teste de hipótese anterior, um projeto quase experimental foi implementado, enquanto os dados foram coletados por meio de um formulário do Google que registrou o gênero e tinha 24 questões do tipo SAT. O autor repetiu este processo em três dias diferentes usando a mesma sala de aula, onde a temperatura foi manipulada em 67°F, 72 °F e 78°F cada dia; foi demonstrada uma correlação entre a percepção térmica e o desempenho acadêmico ($p = 0,049$). Além disso, concluiu-se que o desempenho acadêmico dos homens aumentou com o aumento da temperatura, enquanto o desempenho acadêmico das mulheres aumentou com a queda da temperatura. Em ambos os estudos, a temperatura do ar foi manipulada usando unidades de resfriamento divididas funcionando ou em marcha lenta por uma semana. Os alunos resolveram entre seis e oito exercícios que exemplificam alguns aspectos do trabalho escolar; depois, as percepções ambientais dos alunos e em que nível qualquer sintoma foi experimentado foram compartilhados em escalas visuais analógicas. Os resultados mostraram que o desempenho dos alunos melhorou consideravelmente em dois testes numéricos e em dois exames baseados no idioma se a temperatura diminuiu de 25°C para 20°C (77°F para 68°F, respectivamente). Além disso, quando o ar externo aumentou em 5,2 a 9,6 L / s, o desempenho dos alunos melhorou significativamente em quatro exercícios numéricos. Em conclusão, esses autores descobriram que os alunos aumentaram suas notas médias de matemática de 12 para 13 pontos por Celsius, que diminuíram de 25°C para 20 °C de temperatura. Em conclusão, o conforto térmico da sala de aula aumenta significativamente o desempenho acadêmico dos alunos.

Portanto, a hipótese H_1 é proposta a seguir:

H_1 : O nível de temperatura durante as aulas online em casa durante a pandemia provocada pela COVID-19 tem um impacto significativo no desempenho acadêmico de estudantes universitários no Brasil.

2.2 O impacto do ruído no desempenho acadêmico dos alunos universitários

A literatura oferece diferentes pesquisas que abordam os efeitos que o nível de ruído pode ter no desempenho acadêmico dos alunos. Por exemplo, Braat-Eggen, Van Heijst, Hornikx e Kohlrausch (2017) aplicaram um questionário considerando os parâmetros acústicos de cinco ambientes abertos de estudo na Holanda, no qual foram investigadas as correlações entre a perturbação do ruído e as fontes ruidosas percebidas pelos alunos durante a execução de tarefas escolares. A pesquisa mostrou que quando tarefas cognitivas complexas, como estudar para um teste, ler ou escrever, eram realizadas, cerca de 38% dos alunos se distraíam com o ruído e a fala ao fundo no ambiente de estudo aberto. Em outra pesquisa, Batho, Martinussen e Wiener (2020) examinaram o impacto de ruídos ambientais (fala e ruído branco) no desempenho

acadêmico e tarefas de pontuação de dificuldade de jovens com Transtorno de Déficit de Atenção e Hiperatividade (TDAH) (N = 52). Para observar e avaliar o desempenho de leitura, a técnica de contagem oral (precisão de leitura) foi necessária para registrar o tempo gasto durante a realização das tarefas de leitura. Da mesma forma, o desempenho da escrita dos alunos foi avaliado considerando sequências de escrita bem estruturadas (precisão), e o total de palavras que foram escritas em uma dissertação foram consideradas. Foi demonstrado que o ruído branco parece melhorar o desempenho do tempo de leitura e a competência de escrita dos alunos, mas sua precisão de escrita não diferiu ou melhorou em nada.

Da mesma forma, Smith (2017) examinou os fatores que influenciam o bem-estar e o desempenho dos alunos em faculdades. O estudo compreendeu uma amostra de 327 estudantes universitários, que responderam a uma pesquisa para medir a exposição atual a alguns tipos de ruído. Além disso, para avaliar o bem-estar dos alunos, um Questionário do Processo de Bem-Estar do Aluno ou *Social Welfare Practice Questionnaire* (SWPQ) foi aplicado, enquanto para avaliar o desempenho acadêmico, as tarefas e os testes do curso foram considerados para obter sua pontuação média. Como resultado, esse autor constatou que o ruído ouvido pelos alunos não estava diretamente relacionado ao seu bem-estar ou desempenho acadêmico.

Portanto, a hipótese H₂ é proposta.

H₂: O nível de ruído durante as aulas online em casa durante a pandemia provocada pela COVID-19 tem um impacto significativo no desempenho acadêmico de estudantes universitários no Brasil.

2.3 O impacto da iluminação no desempenho acadêmico de estudantes universitários

Diversos autores definiram o desempenho acadêmico como uma exposição de conhecimentos adquiridos ou habilidades que são desenvolvidas em função das disciplinas escolares, que são avaliadas por meio de notas de testes ou notas atribuídas pelos professores das disciplinas (ADEDIWURA; TAYO, 2007; KIMANI, KARA; NJAGI, 2013) Explicitamente, a iluminação da sala de aula é um aspecto relevante para o desempenho acadêmico dos alunos, porque a iluminação tem uma relação direta com o desenvolvimento dos alunos (OSELUMESE; OMOIKE; ANDREW, 2016; REALYVÁSQUEZ-VARGAS et. al, 2020). Especificamente, há pesquisas sobre os efeitos do nível de iluminação no desempenho acadêmico dos alunos. Por exemplo, Hviid, Pedersen e Dabelsteen (2020) conduziram um estudo para determinar se a iluminação interna combinada com a ventilação influenciava as habilidades acadêmicas das crianças ou não. Em seu estudo, 92 crianças de 10 a 12 anos de idade foram envolvidas. Os autores mediram a velocidade de processamento, concentração, raciocínio lógico e habilidades de resolução matemática das crianças aplicando um questionário, bem como três testes de desempenho diferentes ao longo de quatro semanas. O estudo experimental foi comparado com outra pesquisa, onde uma taxa de ventilação baixa e alta (3,9 l / se 10,6 l/s por pessoa, respectivamente) foi implementada; o impacto do nível de iluminação no desempenho acadêmico também foi avaliado.

Além disso, Singh, Arora e Goyal (2020) investigaram o impacto da iluminação da sala de aula no desempenho acadêmico de 738 alunos, que foram selecionados por meio de uma técnica de amostragem sistemática. Como resultado, descobriu-se que a iluminação teve um impacto significativo sobre os alunos concentração e desempenho acadêmico ($p < 0,05$), e que a iluminação de 250 a 500 lux foi associada a maior

concentração do aluno, o que resultou em notas mais altas e melhor desempenho acadêmico dos alunos. Portanto, a hipótese H_3 é proposta:

H₃: O nível de iluminação durante as aulas online em casa durante a pandemia provocada pela COVID-19 tem um impacto significativo no desempenho acadêmico de estudantes universitários no Brasil.

3. PLATAFORMA METODOLÓGICA

3.1. Desenvolvimento do questionário

A literatura precedente apresenta diversos estudos que tratam das condições ambientais (iluminação, ruído, temperatura) impactantes no desempenho acadêmico dos alunos. Em vários estudos, os dados foram coletados por meio de um questionário. Por exemplo, Hviid et al. (2020) aplicaram um questionário dividido em três seções diferentes. A primeira seção abordou o bem-estar geral dos alunos dentro e fora da escola. A segunda seção incluiu oito questões sobre as percepções do ambiente interno da sala de aula (temperatura, sensação do ar, qualidade do ar, ruído, iluminação). A terceira seção pediu aos alunos que classificassem sua motivação considerando: dor de cabeça, dificuldade de concentração, fadiga, esforço e bem-estar. Da mesma forma, Singh et al. (2020) aplicaram um questionário dividido em oito seções, sendo três delas referentes à temperatura interna, ruído e percepção de iluminação pelos alunos. Além disso, López-Chao et al. (2019) aplicaram a escala de percepção do ambiente físico interno (escala *iPEP*), que foi adaptada usando o *Questionário de Percepção do Espaço de Aprendizagem do Estudante* para observar o *design* do espaço de aprendizagem de diferentes salas de aula em uma universidade. Outros autores, que também aplicaram questionários para obter dados e examinar o impacto da iluminação, ruído ou temperatura no desempenho acadêmico, são Gilavand et al. (2016), Braat-Eggen et al. (2017), Bulunuz et al. (2017), Smith (2017) e Monguno et al. (2017), entre outros. No entanto, esses questionários não foram elaborados para obter dados sobre as condições ambientais (iluminação, ruído e temperatura) com as quais os alunos do ensino superior interagem durante as aulas online devido à pandemia mundial da COVID-19.

O questionário foi dividido em oito seções diferentes com base na literatura precedente: (1) Introdução, (2) dados demográficos, (3) meio ambiente fatores, (4) fatores tecnológicos, (5) motivação, (6) desempenho acadêmico, (7) carga de trabalho mental e, finalmente, (8) efeitos das aulas online na saúde dos alunos. Uma vez que o objetivo elementar do presente estudo é identificar como os fatores ambientais impactam no desempenho acadêmico dos alunos, apenas as seções (3) e (6) foram incluídos. Para desenvolver as perguntas para ambas as seções, uma revisão da literatura foi feita para encontrar pesquisas incluindo itens sobre como as variáveis independentes (iluminação, ruído e temperatura) impactam a variável dependente (desempenho acadêmico dos alunos).

Tabela 1 - Referência para itens do Questionário de Efeitos de Aulas Online sobre saúde e desempenho acadêmico de estudantes universitários

Variável	Descrição	Referências
	O nível de iluminação da minha área de estudo permite-me ver claramente o que está à minha volta, bem como concentrar-me nas aulas online.	Mills, Tomkins & Schlangen, 2007
Iluminação	Posso controlar o nível de iluminação na minha área de estudo ao fazer aulas online (por exemplo: abrir / fechar persianas, cortinas; ter um abajur; interruptores ao alcance).	López-Chao, 2017 Realvásquez-Vargas et. al, 2020

	O nível de iluminação (de lâmpadas, tela do computador) na minha área de estudo me permite ter conforto visual ao fazer aulas online.	Michael & Heracleous, 2017
	Tenho privacidade na minha área de estudo quando faço aulas online.	Alzahrani, 2019
Ruído	O nível de ruído (proveniente de dispositivos, conversas de pessoas, fontes externas) em minha área de estudo permite que eu me concentre, faça as aulas e ouça claramente o professor e colegas de classe.	Banbury & Berry, 2005 Realyvásquez-Vargas et. al, 2020
	Posso controlar o nível de ruído na minha área de estudo (exemplo: abertura/fechamento de portas e janelas).	López-Chao, 2017
	A temperatura na minha área de estudo me permite estar confortável e me concentrar ao fazer aulas online.	Banbury & Berry, 2005
Temperatura	Posso controlar a temperatura na minha área de estudo (por exemplo: abrir / fechar janelas, ligar / desligar os ventiladores) ao tirar aulas online.	López-Chao, 2017
	A qualidade do ar na minha área de estudo é adequada para fazer as aulas online.	Alzahrani, 2019
	Ao fazer aulas online posso fazer todas as minhas atividades com sucesso.	Olmedo-Moreno, Expósito López, Olmos-Gómez, Sánchez Martín, Chacón-Cuberos, 2020
	Ao fazer aulas online, posso organizar meu tempo para fazer tudo o que os professores me pedem.	Jayaweera, 2015; Crawford, Butler-Henderson, Rudolph, Malkawi, Glowatz, Burton & Magni, 2020
	Ao fazer aulas online, minhas notas melhoram.	Realyvásquez-Vargas et. al, 2020
Desempenho Acadêmico	Adquiri mais conhecimento fazendo aulas online.	Realyvásquez-Vargas et. al, 2020
	Eu melhorei minhas habilidades de comunicação fazendo aulas online.	Jayaweera, 2015; Crawford, Butler-Henderson, Rudolph, Malkawi, Glowatz, Burton & Magni, 2020
	Eu melhorei minhas habilidades de trabalho em equipe fazendo aulas online.	Malkawi, Glowatz, Burton & Magni, 2020
	Aulas online melhoram minha criatividade	Jayaweera, 2015; Crawford, Butler-Henderson, Rudolph, Malkawi, Glowatz, Burton & Magni, 2020
	Estou satisfeito com os resultados que obtive ao fazer aulas online.	Jayaweera, 2015; Crawford, Butler-Henderson, Rudolph, Malkawi, Glowatz, Burton & Magni, 2020

Fonte: Elaborada pelo Autor (2020) com base em pesquisas precedentes.

Após a criação, as perguntas foram registradas em um formulário do Google. O questionário deveria ser respondido por meio da escala *Likert* de cinco pontos, onde 1 = Nunca, 2 = Quase nunca, 3 = Às vezes, 4 = Normalmente e 5 = Sempre. Esta escala é implementada, uma vez que tem sido utilizada em estudos recentes e semelhantes (NICHOLLS; SWEET; SKUZA; MULLER; HYETT, 2016; GARCÍA-ALCARAZ;

FLOR-MONTALVO; AVELAR-SOSA; SÁNCHEZ-RAMÍREZ; JIMÉNEZ-MACÍAS, 2019; SALLEH; OTHMAN, 2019; REALYVÁSQUEZ-VARGAS et. al, 2020).

Os alunos que fizeram aulas online durante a pandemia provocada pela pandemia da COVID-19 de 13 universidades diferentes no Brasil foram convidados a responder o questionário. Não importava se eram alunos de graduação ou pós-graduação.

3.2.1 Validação estatística do questionário

A base de dados foi criada e registrada no software SPSS 26[®] substituindo a mediana pelos outliers ou valores perdidos, uma vez que os dados são coletados em escala ordinal (escala *Likert*). Posteriormente, a validação estatística é realizada para cada variável do questionário usando como referência 0,7. Em seguida, as variáveis com uma correlação inferior a 0,3 são eliminadas, porque uma variável só é integrada e considerada quando o coeficiente Alfa de *Cronbach* é superior a 0,7. Além disso, para a validade discriminante e validade convergente, é utilizada a medida de variância média extraída (VME). Para a validade convergente, é necessário que o AVE seja maior ou igual a 0,5 em cada elemento, enquanto o valor de *p* deve ser significativo em cada variável. Da mesma forma, a medida do índice do fator de inflação da variância (VIF) é implementada para determinar o nível de colinearidade entre as variáveis, que existe desde que o valor VIF seja inferior a 3,3 em cada variável. Finalmente, os dados são organizados em uma escala ordinal, onde o coeficiente Q^2 serve como um parâmetro não paramétrico medida de validade preditiva, que é alcançada apenas quando o valor de Q^2 é superior a 0,2 (KOCK, 2019) O coeficiente Q^2 é fornecido apenas para variáveis latentes endógenas (KOCK, 2020). Nesta pesquisa, a variável latente endógena é o desempenho acadêmico.

3.2.2. Análise da Modelagem das Equações Estruturais

Para avaliar as relações entre as variáveis é utilizado o software *WarpPLS 6.0*[®], que integra a modelagem de equações estruturais (SEM). Este software também inclui o método de mínimos quadrados parciais (PLS), pois é útil quando os dados analisados estão em escala ordinal e representam uma pequena amostra que não atende aos requisitos de normalidade. Vários índices de eficiência são usados antes de interpretar o modelo: O coeficiente de caminho médio (APC), o R quadrado médio (ARS) e o R quadrado ajustado médio (AARS), que estão associados a um valor *p* que é significativo quando está abaixo de 0,05. Além disso, são utilizados os índices VIF de bloco médio (AVIF) e VIF de colinearidade total média (AFVIF), que devem ser menores que 5,0. Além disso, é incluído o índice de *Tenenhaus* (GoF), que deve ser maior que 0,25 (Kock, 2020).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Análise Descritiva dos Dados

A Tabela 2 apresenta a análise descritiva dos dados das variáveis dependentes e independentes e seus itens correspondentes. Importante ressaltar que para as três variáveis independentes, a maioria dos alunos respondeu 3 = Às vezes, 4 = Normalmente, ou 5 = Sempre. Porém, observe que na variável dependente desempenho acadêmico, a resposta mais frequente foi 3 = Às vezes.

Tabela 2 - Análise Descritiva

Variável	Item	Resposta	Freq. (%)	Média	Mediana	DP
Iluminação	O nível de iluminação da minha área de estudo permite-me ver	1	7 (1%)	3,97	4	0,843
		2	16 (2,4%)			
		3	164(23,8%)			

	claramente o que está à minha volta, bem como concentrar-me nas aulas online.	4	305(44,2%)			
		5	198(28,6%)			
	Posso controlar o nível de iluminação na minha área de estudo ao fazer aulas online (por exemplo: abrir / fechar persianas, cortinas; ter um abajur; interruptores ao alcance).	1	34 (4,90%)			
		2	34 (4,90%)			
		3	114(16,5%)			
		4	201(29,1%)	4,04	4	1,117
		5	307(44,7%)			
	O nível de iluminação (de lâmpadas, tela do computador) na minha área de estudo me permite ter conforto visual ao fazer aulas online.	1	7 (1%)			
		2	54 (7,8%)			
		3	164(23,8%)			
		4	261(37,9%)	3,87	4	0,959
		5	204(29,6%)			
	Tenho bastante privacidade na minha área de estudo quando faço aulas online.	1	67 (9,7%)			
		2	114(16,5%)			
		3	168(24,3%)			
		4	154(22,3%)	3,41	3	1,306
		5	187(27,2%)			
	O nível de ruído (proveniente de dispositivos, conversas de pessoas, fontes externas) em minha área de estudo permite que eu me concentre, faça as aulas e ouça claramente o professor e colegas de classe.	1	44 (6,3%)			
		2	114(16,5%)			
		3	248(35,9%)			
		4	221(32,0%)			
		5	63 (9,3%)	3,21	3	1,033
	Posso controlar o nível de ruído na minha área de estudo (exemplo: abertura/fechamento de portas e janelas).	1	60 (8,7%)			
		2	121(17,5%)			
		3	177(25,7%)			
		4	191(27,7%)	3,33	3	1,229
		5	141(20,4%)			
	A temperatura na minha área de estudo me permite estar confortável e me concentrar ao fazer aulas online.	1	34(4,9%)			
		2	57(8,3%)			
		3	184(26,7%)			
		4	204(29,6%)	3,73	4	1,128
		5	211(30,6%)			
	Posso controlar a temperatura na minha área de estudo (por exemplo: abrir / fechar janelas, ligar / desligar os ventiladores) ao tirar aulas online.	1	40(5,8%)			
		2	57(8,3%)			
		3	121(17,5%)			
		4	242(35,4%)	3,82	4	1,154
		5	230(33,0%)			
	A qualidade do ar na minha área de estudo é adequada para fazer as aulas online.	1	13(1,9%)			
		2	40(5,8%)			
		3	171(24,8%)			
		4	224(32,5%)	3,93	4	1,002
		5	242(35,0%)			
	Ao fazer aulas online posso fazer todas as minhas atividades com sucesso.	1	40(5,8%)			
		2	77(11,2%)			
		3	224(32,5%)			
		4	214(31,1%)	3,47	4	1,103
		5	135(19,4%)			

Ao fazer aulas online, posso organizar meu tempo para fazer tudo o que os professores me pedem.	1	37(5,3%)	3,50	3,50	1,129
	2	83(12,1%)			
	3	224(32,5%)			
	4	188(27,2%)			
	5	158(22,8%)			
Ao fazer aulas online, minhas notas melhoram.	1	43(6,3%)	3,50	3	2,395
	2	91(13,1%)			
	3	241(35,0%)			
	4	208(30,1%)			
	5	107(15,5%)			
Adquiri mais conhecimento fazendo aulas online.	1	91(13,1%)	2,84	3	1,143
	2	181(26,2%)			
	3	228(33,0%)			
	4	130(18,9%)			
	5	60(8,7%)			
Eu melhorei minhas habilidades de comunicação fazendo aulas online.	1	90(13,1%)	3,05	3	2,167
	2	161(23,3%)			
	3	218(31,6%)			
	4	144(20,9%)			
	5	77(11,2%)			
Eu melhorei minhas habilidades de trabalho em equipe fazendo aulas online.	1	97(14,1%)	2,88	3	1,131
	2	164(23,8%)			
	3	221(32,0%)			
	4	130(18,9%)			
	5	78(11,2%)			
Aulas online melhoram minha criatividade.	1	97(14,1%)	3,03	3	2,177
	2	164(23,8%)			
	3	208(30,1%)			
	4	144(20,9%)			
	5	77(11,1%)			
Estou satisfeito com os resultados que obtive ao fazer aulas online.	1	94(13,6%)	3,24	3	2,370
	2	110(16,0%)			
	3	110(16,0%)			
	4	141(20,4%)			
	5	235(34,0%)			

Fonte: Estatísticas da Pesquisa (2020).

Os resultados acima sugerem que as condições ambientais em casa não são as ideais e que existem outras variáveis que podem afetar o desempenho acadêmico.

4.2. Modelagem de equações estruturais

Os β -valores representam os efeitos diretos das relações entre as variáveis mencionadas, enquanto seus correspondentes p -valores indicam a significância das relações. Da mesma forma, o R^2 é a medida da variância explicada pelas variáveis independentes sobre a variável dependente.

Tabela 3 - Validação das variáveis

Índices	Temperatura	Ruído	Iluminação	Desempenho Acadêmico
R^2				0,49
R^2 Ajustado				0,48
Confiabilidade composta	0,921	0,891	0,870	0,872
Alfa de Cronbach	0,864	0,813	0,779	0,850
Variância Média Extraída (VME)	0,797	0,734	0,683	0,766
Fator de Inflação da Variância (VIF)	1,1112	1,3623	1,4641	1,288
Q-quadrado (Q^2)				0,239

Fonte: Estatísticas da Pesquisa (2020).

4.2.1 Validação do Modelo

A Tabela 4 contém os resultados dos índices de validação do modelo. Especificamente, os resultados mostraram que cada índice atende aos requisitos mínimos ou máximos definidos na seção de metodologia.

Tabela 4 - Validação das variáveis

Índices	Valor	p-Valor	Aceitável se
Coefficiente de Caminho Médio (APC)	0,181	< 0,001	p-valor \leq 0,05
R2 Médio	0,243	< 0,001	p-valor \leq 0,05
Média Ajustada do R2	0,228	< 0,001	p-valor \leq 0,05
Bloco Médio (VIF)	1,456		AVIF \leq 3,3
Colinearidade Total (VIF)	1,531		AFVIF \leq 3,3
Tenenhaus (GoF)	0,391		GoF \geq 0,36

Fonte: Estatísticas da Pesquisa (2020).

4.2.2. Efeitos diretos

A Tabela 5 apresenta os valores (β) representando cada efeito direto e o valor p correspondente para significância. Se o valor de p para o efeito direto fosse inferior a 0,05, era aceito como significativo.

Tabela 5 - Decisão de aceitar ou rejeitar as hipóteses propostas

H_i	Variável Independente	Variável Dependente	β	p-Valor	Decisão
H_1	Iluminação	Desempenho Acadêmico	0,41	< 0,001	Não-Rejeitar
H_2	Ruído	Desempenho Acadêmico	0,27	< 0,001	Não-Rejeitar
H_3	Temperatura	Desempenho Acadêmico	0,33	< 0,001	Não-Rejeitar

Fonte: Estatísticas da Pesquisa (2020).

De acordo com as hipóteses H_2 e H_3 , o valor de p é menor que 0,05, conseqüentemente, optou-se por aceitá-los; no entanto, a hipótese H_1 foi rejeitada porque o *p-value* era superior a 0,05. Além disso, o maior impacto para a variável dependente é da variável de ruído, que é a variável que mais impacta criticamente no desempenho acadêmico de estudantes universitários que estão fazendo aulas online durante a pandemia provocada pela pandemia da COVID-19 no Brasil. A Tabela 5 retrata os resultados de cada hipótese, onde se obteve os seguintes resultados:

H_1 : Houve evidência estatística suficiente para estabelecer que o nível de temperatura durante as aulas online em casa durante a pandemia provocada pela COVID-19 tem um impacto significativo no desempenho acadêmico dos estudantes universitários no Brasil, desde quando o desvio padrão do nível de temperatura aumenta em uma unidade, o desvio padrão do desempenho acadêmico dos estudantes universitários aumenta em 0,33 unidades. Especificamente, para a variável dependente (desempenho acadêmico) foi obtido um valor de R^2 igual a 0,45, o que declara que as variáveis independentes (iluminação, ruído e temperatura) explicaram esta variável dependente em 45%, onde 26,8% corresponde à variável ruído, 11,3% para a variável de temperatura e 6,9% para a variável de iluminação.

H_2 : Houve evidência estatística suficiente para estabelecer que o nível de ruído durante as aulas online em casa durante a pandemia provocada pela COVID-19 tem um impacto significativo no desempenho acadêmico dos estudantes universitários no Brasil, desde quando o desvio padrão do nível de ruído aumenta em uma unidade, o desvio

padrão do desempenho acadêmico dos estudantes universitários aumenta em 0,27 unidades.

H₃: Houve evidência estatística suficiente para declarar que o nível de iluminação durante as aulas online em casa durante a pandemia provocada pela COVID-19 tem um impacto significativo no desempenho acadêmico dos estudantes universitários no Brasil, desde quando o desvio padrão do nível de iluminação aumenta em uma unidade, o desvio padrão do desempenho acadêmico dos estudantes universitários aumenta em 0,41 unidades.

Os resultados obtidos nesta pesquisa indicam que o desempenho acadêmico dos universitários pode ser afetado pelas condições ambientais a que estão expostos em casa durante a pandemia COVID-19, o que é corroborado por estudos anteriores. No caso específico da iluminação, esses resultados são semelhantes aos obtidos por outros autores. Por exemplo, Oselumese et al. (2016) destacam que o nível de iluminação afeta diretamente o desempenho acadêmico dos alunos. Na verdade, esses autores mencionaram que os alunos não podem estudar a menos que o nível de iluminação seja adequado. Isso também se aplica a alunos que fazem aulas online.

Da mesma forma, os resultados desta pesquisa vêm apoiar os resultados de Hviid et al. (2020) e de Realyvásquez-Vargas et al. (2020), que também mencionaram que um bom nível de iluminação, aliado a uma ventilação adequada, ajuda a melhorar o desempenho acadêmico dos alunos. Por outro lado, quando as melhorias nos níveis de iluminação dentro de casa são relativamente escassas, é insuficiente para melhorar o desempenho acadêmico dos alunos, conforme apontado por Kudo et al. (2017). Na verdade, Singh et al. (2020) indicou que os níveis de iluminação entre 250 e 500 lux são adequados para um melhor desempenho escolar. Isso deixa claro que o nível de iluminação tem um impacto significativo no desempenho acadêmico, conforme mencionado por Gilavand et al. (2016).

No caso da variável ruído, a discussão é semelhante. Por exemplo, em seu estudo, Braat-Eggen et al. (2017) descobriram que o ruído era uma distração para os alunos quando eles estavam realizando tarefas cognitivas. Isso também se aplica a alunos brasileiros que fazem aulas online, uma vez que estão expostos a um nível mais alto de ruído em casa e, portanto, a um nível mais alto de distração quando fazem aulas online em casa. Isso vem corroborar o resultado obtido nesta investigação. Por outro lado, o estudo realizado por Batho et al. (2020) deixa claro que as variações no nível de ruído afetam a leitura e a escrita dos alunos, o que por sua vez acaba impactando seu desempenho acadêmico.

Por fim, no que se refere à temperatura, os resultados obtidos nesta pesquisa também coincidem com os obtidos em estudos anteriores no fato de esta variável influenciar o desempenho acadêmico dos alunos. Prova disso é encontrada em estudo recente, onde Baafi (2020) detectou que a temperatura das salas de aula influenciava o desempenho acadêmico. Esses resultados também coincidem com os obtidos por López-Chao et al. (2019). Isso porque esses autores detectaram que níveis baixos de temperatura, assim como ambientes quentes, valorizam negativamente o desempenho acadêmico dos alunos, em comparação com ambientes termicamente neutros. Da mesma forma, como nesta pesquisa, Phan (2020) detectou que existe uma correlação entre a percepção térmica e o desempenho acadêmico. Por sua vez, isso coincide com o que foi obtido por Wargocki e Wyon (2007), e Haverinen-Shaughnessy et al. (2015), que descobriram que o desempenho do aluno melhora se a temperatura cair de 25 para 20°C (77°F para 68°F). Na verdade, Earthman (2002) descobriu que níveis de temperatura entre 20°C a 24°C (68°F a 74°F) são ideais para melhorar o conforto do aluno e o desempenho acadêmico,

de modo que níveis de temperatura fora dessa faixa tenham um impacto negativo em seu desempenho.

Todos esses estudos realizados anteriormente suportam teoricamente os resultados obtidos nesta investigação, os quais também foram comprovados estatisticamente. A diferença é que os estudos anteriores não foram realizados em um período de pandemia com uma amostra de estudantes brasileiros.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise e os resultados do presente estudo mostram que as três variáveis ambientais têm um papel importante no desempenho acadêmico de estudantes universitários que fazem aulas online no Brasil, o que implica que essas variáveis influenciam o desempenho acadêmico, a concentração e o conforto dos alunos. Consequentemente, suas notas e processo de aprendizagem podem ser afetados. Por sua vez, sua motivação para continuar com os estudos também pode ser afetada. Da mesma forma, a sustentabilidade em sua dimensão socioeconômica implica que as condições de bem-estar humano (como o desenho da área de estudo), devem ser proporcionadas para o uso eficiente dos recursos humanos (BARILE et al., 2018), como os estudantes universitários. Portanto, um desenho de área de estudo em que as variáveis ambientais sejam incômodas e não possam ser controladas tende a afetar negativamente a sustentabilidade efetiva dos recursos humanos, neste caso particular, o desempenho acadêmico dos estudantes universitários é o aspecto que é afetado.

Além disso, no presente estudo, reconhece-se que o desempenho acadêmico dos estudantes universitários não depende exclusivamente do tempo que passam aprendendo ou memorizando informações, mas de outras variáveis. Portanto, em condições normais, ou seja, aulas realizadas em instalações de universidades, cada instituição de ensino superior deve estimular a oferta de aulas que proporcionem um ambiente educacional suficientemente confortável para os alunos, ou seja, onde possam estar as variáveis ambientais de iluminação, ruído e temperatura controlados em sala de aula, pois melhoram a sustentabilidade dos recursos humanos; especificamente, o desempenho acadêmico dos estudantes universitários e, como resultado, a sustentabilidade da instituição será aumentada. Nas condições de aulas online, várias sugestões podem ser consideradas. Por exemplo, sugere-se que os professores não atribuam lição de casa aos seus alunos. Isso ajuda a reduzir o tempo que os alunos passam na frente do computador. Desta forma, a carga de trabalho mental que isso pode causar pode ser reduzida, bem como o tempo de exposição a condições ambientais não ideais. Por outro lado, também é sugerido que classes mais interativas sejam implementadas. Isso pode ser feito por meio de aprendizagem baseada em jogos (EBNER; HOLZINGER, 2007; KARAKOÇ ET AL., 2020), uma vez que promove a aprendizagem de forma lúdica e estimula a motivação do aluno para aumentar o engajamento no processo educacional (TROUSSAS; KROUSKA; SGOUROPOULOU, 2020). Da mesma forma, é recomendado que cada aluno tenha um lugar privado em casa enquanto participa das aulas online para reduzir a exposição a altos níveis de ruído perturbador.

No entanto, a pandemia mundial provocada pela COVID-19 afetou não apenas estudantes universitários, mas também funcionários de instituições de ensino superior, cujo desempenho profissional pode, conseqüentemente, afetar sua sustentabilidade. Portanto, para futuras pesquisas, diferentes análises podem ser realizadas sobre as variáveis mencionadas neste estudo e incluir outras variáveis que podem afetar a aprendizagem online, além de combinar as percepções de estudantes universitários, professores e até mesmo os funcionários administrativos das universidades.

REFERÊNCIAS

BELLHART USER H, LOSSCH T, WINTER C, SCHMITZ B. Applying a web-based training to foster self-regulated Learning-Effects of an intervention for large numbers of participants. *The Internet and Higher Education*. 2016; 31;87–100.

BIASUTTI, M. (2017). A comparative analysis of forums and wikis as tools for online collaborative learning. *Computers & Education*, 111 (2), pp. 158–171.

BOYD AM. Strategies for controlling testlet exposure rates in computerized adaptive testing systems. Unpublished PhD thesis. The University of Texas at Austin; 2003.

CABALLERO-HERNANDEZ JA, BALDERAS A, PALOMO-DUARTE M, DELATORRE P, REINOSO AJ, DODERO JM. *Teamwork Assessment in Collaborative Projects Through Process Mining Techniques*. International Journal Of Engineering Education. 2020; 36;470–482.

CASTRO-SCHEZ JJ, REDONDO MA, JURADO F, ALBUSAC J. Experience applying Language Processing techniques to develop educational software that allow active learning methodologies by advising students. *Journal of Network and Computer Applications*. 2014; 41;65–79.

CORNO L. The metacognitive control components of self-regulated learning. *Contemporary Educational Psychology*. 1986; 11(4);333–346.

D'AGOSTINO R, PEARSON E. Tests for Departure from Normality. Empirical Results for the Distributions of b_2 and p_{b1} . *Biometrika*. 1973; 60(3), 613–622.

DE LA RUBIA MA, SACHA GM. Adaptive Tests as a Tool for Evaluating Work Groups in Engineering. *International Journal of Engineering Education*. 2020; 36;422–429.

EGGEN TJHM. Overexposure and underexposure of items in computerized adaptive testing (Measurement and Research Department Reports 2001–1. Citogroep, Arnhem, The Netherland: 2001.

FAVALE T, SORO F, TREVISAN M, DRAGO I, MELLIA M. Campus traffic and e-Learning during COVID-19 pandemic. *Computer Networks*, 2020;107290.

GASĀEVIĆ D, MATCHA W, JOVANOVIĆ J, PARDO A. Analytics of time management strategies in a flipped classroom. *Journal of Computer Assisted Learning*. 2019; 36(1);70–88

HAMBLETON RK, Swaminathan H, Rogers HJ. Fundamentals of item response theory; 1991.

JOVANOVIĆ J, MIRRIAH N, GASEVIC D, DAWSON S, PARDO A. Predictive power of regularity of pre-class activities in a flipped classroom. *Computers & Education*. 2019; 134;156–168.

KRUSKAL WH, WALLIS WA. Use of ranks in one-criterion variance analysis. *Journal of the American Statistical Association*. 1952; 47(260);583–621.

LORD FM. Applications of item response theory to practical problems. Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, NJ; 1980.

LU H, HU YP, GAO JJ, KINSHUK. The effects of computer self-efficacy, training satisfaction and test anxiety on attitude and performance in computerized adaptive testing. *Computers & Education*. 2016; 100;45–55.

MALDONADO-MAHAUAD J, PEREZ-SANAGUSTIN M, KIZILCEC RF, MORALES N, MUNOZ-GAMA J. Mining theorybased patterns from Big data: Identifying self-regulated learning strategies in Massive Open Online Courses. *Computers in Human Behavior*. 2018; 80;179–196.

MANN HB, WHITNEY DR. On a test whether one of two random variables is stochastically larger than the other. *Ann. Math. Stat.* 1947; 18;50–60.

MARTIN AJ, LAZENDIC G. Computer-Adaptive Testing: Implications for Students' Achievement, Motivation, Engagement, and Subjective Test Experience. *Journal of Educational Psychology*. 2018; 110 (1);27–45.

MCAULEY A, STEWART B, CORMIER D, SIEMENS G. The MOOC model for digital practice. SSHRC Application, Knowledge Synthesis for the Digital Economy. 2010.

MOLINS-RUANO P, SEVILLA C, SANTINI S, HAYA PA, RODRÍGUEZ P, SACHA GM. (2014). Designing videogames to improve students' motivation. *Computers in Human Behavior*, 31, pp. 498-571.

MOLINS-RUANO P, GONZÁLEZ-SACRISTÁN C, DÍEZ F, RODRIGUEZ P, GM SACHA. Adaptive Model for Computer-Assisted Assessment in Programming Skills. *International Journal of Engineering Education*. 2015; 31;764.

MOLINS RUANO P, RODRÍGUEZ P, ATRIO CEREZO S, SACHA GM. (2016). Modelling experts' behavior with evalUAM to measure computer science skills. *Computers in Human Behavior*. 2016; 61;378–385.

NARCISS S, SOSNOVSKY S, SCHNAUBERT L, ANDRÈS E, EICHELMANN A, GOGUADZE G, et al. Exploring feedback and student characteristics relevant for personalizing feedback strategies. *Computers & Education*. 2014; 71;56–76.

PALOMO-DUARTE M, DODERO JM, MEDINA-BULO I, RODRIGUEZ-POSADA EJ, RUIZ-RUBE I. Assessment of collaborative learning experiences by graphical analysis of wiki contributions. *Interactive Learning Environments*. 2014; 22;444–466.

REALYVÁSQUEZ-VARGAS, A.; MALDONADO-MACÍAS, A.A.; ARREDONDO-SOTO, K.C.; BAEZ-LOPEZ, Y.; CARRILLO-GUTIÉRREZ, T.; HERNÁNDEZ-ESCOBEDO, G. The Impact of Environmental Factors on Academic Performance of University Students Taking Online Classes during the COVID-19 Pandemic in Mexico. *Sustainability* 2020, 12.

RIZVI S, RIENTIES B, ROGATEN J, KIZILCEC RF. (2020). Investigating variation in learning processes in a FutureLearn MOOC. *Journal of computing in higher education*, 32(1), pp. 12-25.

RIZVI. S, RIENTIES. B, ROGATEN. J, KIZILCEC, RF. Investigating variation in learning processes in a Future Learn MOOC. *Journal of Computing in Higher Education*, v. 32, p. 87-99, 2020.

RODRIGUES H, ALMEIDA F, FIGUEIREDO V, LOPES SL. (2019) Tracking e-learning through published papers: A systematic review. *Computers & Education*, 136 (1), pp.87–98.

SAI SABITHA A, MEHROTRA D, BANSAL A. An ensemble approach in converging contents of LMS and KMS. *Education and Information Technologies*. 2017; 22(4);1673–1694.

TSAI YS, POQUET O, GAS`EVIĆ D, DAWSON S, PARDO A. Complexity leadership in learning analytics: Drivers, challenges, and opportunities. *British Journal of Educational Technology*. 2019; 50 (6); 2839–2854

VELDKAMP BP, AVETISYAN M, WEISSMAN A, FOX JP. Stochastic programming for individualized test assembly with mixture response time models. *Computers in Human Behavior*. 2017; 76;693–702.

WAINER H. *Computerized adaptive testing: a primer*. Hillsdale, NJ: LEA; 1990.

WAINER H, DORANS NJ, EIGNOR D, FLAUGHER R, GREEN BF, MISLEVY RJ, et al. *Computer Adaptive Testing: A Primer* (2nd ed.). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates; 2000.

ZIMMERMAN BJ, KITSANTAS A. Comparing students' self-discipline and self-regulation measures and their prediction of academic achievement. *Contemporary Educational Psychology*. 2014, 39(2);145– 155.

ZIMMERMAN BJ. Investigating self-regulation and motivation: Historical background, methodological developments, and future prospects. *American Educational Research Journal*. 2008; 45(1);166–183.