

FERRAMENTA DE APOIO PEDAGÓGICO SOBRE O CICLO FOTORRESPIRATÓRIO PARA FACILITAR O APRENDIZADO

PEDAGOGICAL SUPPORT TOOL ON THE FOTORESPIRATORY CYCLE TO FACILITATE LEARNING

Antonia Eliene Duarte^{1,2*}, Luciana Calabró², Kátia Regina Rodrigues Lima¹, Jean Paul Kamdem¹, Luiz Marivando Barros¹, João Batista Teixeira da Rocha², Diogo Onofre Gomes de Souza²

¹ Universidade Regional do Cariri

² Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS.

*Autor correspondente: duarte105@yahoo.com.br

RESUMO

O tema Fotossíntese é considerado complexo para professores e estudantes de Ciências Biológicas, quando abordado nas aulas de Ciências. A aprendizagem baseada em investigação e criação de um conflito cognitivo, sobre fotorrespiração, pode afetar positivamente as atitudes, comportamentos e aprendizado do aluno. Foi construído um infográfico de apoio pedagógico, a fim de instigar a curiosidade e demonstrar a fotorrespiração em plantas cultiváveis, e analisar o impacto dessa ferramenta perante 80 estudantes, de quatro salas de aula, dos 7º e 8º semestres, do curso de Ciências Biológicas da Universidade Regional do Cariri, Crato, CE, ancorado em uma análise cientométrica sobre o tema. O estudo cientométrico cobriu artigos que foram publicados desde 1984 até setembro de 2019 e indexados na base de dados Scopus. As palavras-chave usadas para coletar os dados foram “ensino, conteúdo e fotossíntese”. A fotorrespiração, foi explicada aos alunos, no pré-teste com o método de aula tradicional e no pós-teste, associado com o método baseado em investigação e criação de um conflito cognitivo, em seguida, os dados sobre o discurso, raciocínio dos alunos e o conhecimento, foram coletados. A partir da aplicação de questionários e categorização dos dados, observou-se que a aplicabilidade desse modelo de prática investigativa, amplia a compreensão, interpretação e melhora os resultados da aprendizagem efetiva sobre fotorrespiração, no ensino de nível universitário. Quanto à cientometria, ao todo, 17 periódicos foram selecionados e 23 artigos foram analisados, e 78 % foram publicadas desde 2008. A análise da citação revelou um interesse limitado e em estágio incipiente por esse tópico. Em conjunto este estudo sugere que é importante promover a abordagem de criar conflito cognitivo associado ao uso do infográfico no ensino sobre Fotossíntese.

Palavras-chave: Infográfico, Fotorrespiração; Investigação; Aprendizagem e Cientometria.

ABSTRACT

The photosynthesis theme is considered complex for teachers and students of biological sciences, when approached in science classes. Research-based learning and the creation of cognitive conflict about photorespiration can positively affect student attitudes, behaviors, and learning. In this context, a pedagogical infographic support was built to analyze the impact of this tool on 80 students of four classrooms from 7th and 8th semesters of the Biological Sciences course of the Regional University of Cariri, Crato, CE, anchored in a scientometric analysis on the subject in order to arouse their curiosity and demonstrate photorespiration in cultivable plants. The scientometric study covered articles that were published from 1984 to september 2019 and indexed in the Scopus database. The keywords used to collect the data were “teaching, content and photosynthesis”. The photorespiration was explained to the students in the pretest by the traditional lecture, while research-based method and creation of a cognitive conflict was applied in the posttest. Then, the speech data, the students' reasoning and knowledge were collected. From the application of questionnaires and data categorization, it was observed that the applicability of this model of investigative practice, expands the understanding, interpretation and improvement of the results on effective learning about photorespiration in higher teaching education. Scientometrically, a total of 17 journals were selected, aout of which 23 articles with 78% published since 2008 were analyzed. The citation analysis revealed a limited and incipient interest in this topic and that. Together, this study suggest that it is important to promote the approach of creating cognitive conflict associated with the use of infographic in the teaching of photosynthesis.

Key words: Infographic, Photorespiration; Investigation; Learning and Scientometry.

1. INTRODUÇÃO

Há muito poucos estudos sobre a importância dos métodos de ensino na educação em Biologia [1]. No campo da Biologia, Fisiologia Vegetal constitui uma subárea da Botânica que descreve os mecanismos envolvidos na absorção e transporte de água e nutrientes, na biossíntese e metabolismo de reservas, na germinação de sementes e no desenvolvimento do vegetal [2,3].

O estudo de Fisiologia Vegetal é apresentado como base para a formação de alunos em diversos cursos de graduação. Contudo, apesar de essencial para o entendimento de outras disciplinas, a disciplina enfrenta o baixo interesse de muitos alunos [4]. Uma das hipóteses seria a falta de integração entre o conteúdo teórico e as demonstrações práticas, uma vez que a disciplina aborda temas na maioria das vezes abstratos e vias metabólicas relativamente complexas [2], o que dificulta a exploração desses conteúdos em sala de aula. Portanto, a utilização de recursos diferenciados como infográficos, torna-se necessário.

Krauss (2012) [5] define infográfico como uma exibição visual de informação que transmite dados e informações como uma apresentação unificada. O uso do infográfico é recente, com vertentes identificáveis, constituindo objeto de atração dos alunos por um determinado assunto [6]. Sua implementação representa um potencial didático [7], visto que favorece a pesquisa e as habilidades digitais, como relatado em alguns estudos [8,9].

Usando os infográficos como um recurso educacional, os alunos acessam uma ampla gama de conteúdos que podem ser analisados de várias maneiras a partir de uma leitura, encorajando-os a iniciar um debate ou recriar esse objeto retrabalhando-o completamente dentro do contexto da sala de aula. Tal uso proporciona ao aluno a aquisição de significados que os permitam aprofundar determinado conteúdo [10]. Desse modo, é possível utilizar tal ferramenta para diversas disciplinas e conteúdos, como por exemplo temas complexos de Fisiologia Vegetal.

Um assunto de destaque para a Fisiologia Vegetal com grande potencial de ser usado em aulas práticas é fotossíntese e suas implicações, porquanto tal assunto, está envolvido diretamente em todos os estágios de desenvolvimento da planta, da germinação até a senescência. A fotossíntese é, sem dúvida, um dos temas mais difíceis em Biologia [11], entretanto a relevância de sua abordagem no ensino das Ciências é considerável [12]. O termo fotossíntese significa, literalmente, “síntese usando a luz”. Os organismos fotossintéticos captam e utilizam a energia solar para oxidar H_2O , liberando O_2 , e para reduzir CO_2 , produzindo

compostos orgânicos, primariamente açúcares. Esta energia estocada nas moléculas orgânicas é utilizada nos processos celulares da planta e serve como fonte de energia para todas as formas de vida. O ciclo fotorrespiratório está relacionado com a atividade de oxigenação da rubisco e envolve três compartimentos celulares: cloroplasto, peroxissomo e mitocôndria [03, 13].

Desta forma, a busca por recursos alternativos para facilitar o ensino na área de Fisiologia Vegetal, fundamentada em ampla investigação nas bases de dados, é importante para subsidiar a mitigação das dificuldades encontradas. Nesta perspectiva, a análise cientométrica, a partir de bases de dados, se constitui como modelo que serve para agregar informações sobre determinado tema, de modo que as informações derivadas de tais estudos contribuam com a interpretação dos dados quantitativos, e neste caso, fornecer insumos para o planejamento [14]. Cientometria é definida como o estudo da medição e quantificação do progresso científico e tecnológico, com uma ampla aplicabilidade potencial. Neste contexto, possibilita a avaliação de possíveis recursos alternativos para o ensino, além de mostrar como os índices de citação possibilitam rastrear o histórico e o desenvolvimento sobre determinado tema [15].

Levando em consideração os argumentos referentes expostos acima, aliado as dificuldades conceituais encontradas, ensinar o aluno a investigar, fazer e responder, é criticamente importante, no ensino de Ciência baseado em investigação, onde os alunos são obrigados a investigar tópicos, considerar proposições alternativas e hipóteses, além de resolver problemas juntos, para propor respostas, explicações e previsão de problemas, que possibilitem um aprendizagem efetiva. [16] destaca que o questionamento precisa partir do estudante, uma vez que se o professor escolhe a pergunta e decide os passos para os estudantes somente executarem, o ensino converge para o tradicional. Desse modo, este foi o primeiro estudo a investigar a concepção de estudantes de Ciências Biológicas acerca de uma ferramenta de ensino e análise cientométrica sobre o tópico Fotorrespiração, a fim de revelar quem contribuiu para essas publicações, onde foram publicadas, conceitos e impacto em termos de citações.

Objetivou-se com este estudo avaliar o efeito de uma ferramenta de demonstração do ciclo fotorrespiratório em plantas, cuja aplicação é importante para a identificação de espécies vegetais C_3 ou C_4 , além de avaliar a concepção e os aspectos para facilitar o processo de ensino-aprendizagem, dos alunos de Ciências Biológicas da Universidade Regional do Cariri, CE. A pesquisa constou ainda de uma análise cientométrica sobre o tema.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Esta pesquisa se caracterizou como um estudo avaliativo, com abordagem qualitativa, a qual foi realizada, na Universidade Regional do Cariri, Crato-CE. Buscou-se compreender como o uso de um infográfico tem influenciado no processo de ensino e aprendizagem de alunos do ensino superior, através de uma interação direta com os sujeitos envolvidos e suas percepções. Neste tipo de investigação, o pesquisador vai a campo apreender o fenômeno em estudo a partir da perspectiva das pessoas nele envolvidas, considerando todos os pontos de vista relevantes. Vários tipos de dados são coletados e analisados para que se entenda a dinâmica do fenômeno [17]. Adicionalmente, o estudo teve como aporte um estudo cientométrico de caráter exploratório, cujo tipo de pesquisa permitiu um maior aprofundamento do tema investigado, possibilitando o levantamento de um número maior de informações [18].

Os participantes foram 80 estudantes, sendo 50% do bacharelado e 50% da licenciatura do curso de Ciências Biológicas da Universidade Regional do Cariri, com idade entre 18 e 25 ambos, de ambos os gêneros. Os alunos foram convidados a participar, com a possibilidade de compreender melhor o ciclo fotorrespiratório. Quanto à amostra do grupo de alunos, foram considerados participantes potenciais, todos aqueles, que já cursaram a disciplina Fisiologia Vegetal.

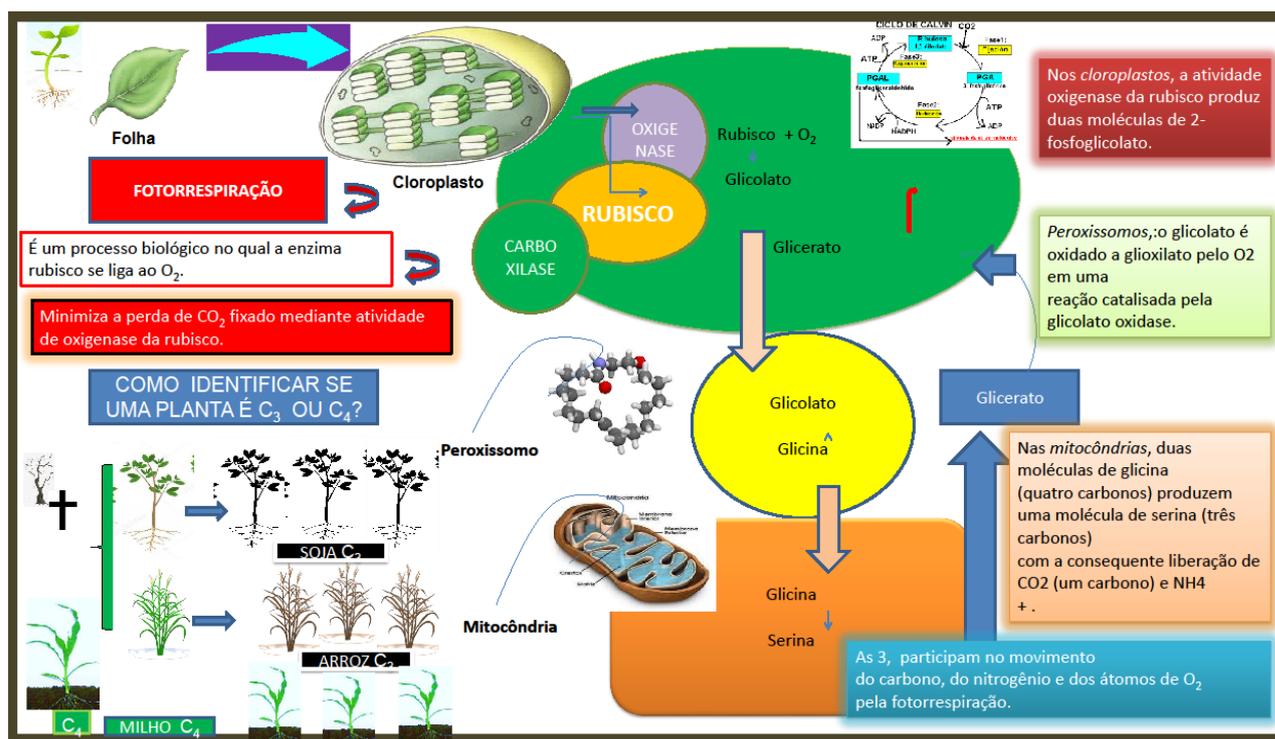
Os instrumentos de pesquisa foram questionários compostos por duas partes, para obter opiniões dos alunos em relação ao infográfico usando como ferramenta de comunicação visual e como ferramenta de aprendizagem e a observação participante [19, 20]. Os dados sobre o discurso, raciocínio dos alunos, conhecimento e aprendizagem, foram coletados nos tempos 1 e 2, pré e pós-teste, respectivamente.

A motivação, curiosidade, aceitação, influência para aprendizagem e investigação foi analisada, além do interesse dos alunos pela identificação e importância de determinar se a espécie é do tipo C₃ ou C₄. A aplicabilidade desse modelo de prática investigativa amplia a compreensão, interpretação e melhoria dos resultados da aprendizagem efetiva de tal assunto no ensino de nível universitário.

Os questionários envolveram o uso do infográfico como ferramenta de comunicação visual, compreensão, retenção e satisfação de usar o infográfico como auxílio visual, incluindo perguntas abertas verificando novamente a qualidade geral da aprendizagem.

Inicialmente foi proposto aos alunos realizar uma atividade para instigar a curiosidade precedendo o uso da ferramenta. Na sequência, o infográfico que cobre o conteúdo

fotorrespiração, foi apresentado aos alunos para examinar o impacto da qualidade da aprendizagem em duas dimensões, isto é, infográfico como ferramenta de comunicação visual que avalia a compreensão, retenção e satisfação (Figura 1).. Ressalta-se que o infográfico do ciclo fotorrespiratório, constitui determinado tipo de representação visual gráfica, muitas vezes complexa, que facilita a compreensão de conteúdo, em que apenas texto escrito dificultaria o entendimento.



Fonte: Própria

Figura 1. Infográfico sobre o ensino do ciclo fotorrespiratório.

Informações escritas sobre a finalidade do estudo foram fornecidas aos alunos antes do início do experimento. Todos os alunos tiveram a garantia de que suas respostas seriam tratadas confidencialmente. O estudo obteve aprovação pelo Comitê de Ética e Pesquisa em humanos (CEP) da Universidade Regional do Cariri, cujo Número do Parecer foi 2.182.249.

A ocorrência da fotorrespiração foi demonstrada, conforme [13], determinando-se a concentração de compensação do CO₂ dessa folha, num espaço hermético aos gases, iluminado, e com temperatura constante. Nesse espaço, a concentração de CO₂ até a fixação que a fotossintética do CO₂ seja igual à produção de CO₂ (respiração e fotorrespiração). Nas plantas do tipo C₃ (trigo, aveia, feijão, etc) a concentração de compensação do CO₂ é de 50 ppm, enquanto nas do tipo C₄ (milho, sorgo), essa concentração se aproxima de zero. A afinidade da RuDP carboxilase, responsável pela fixação do CO₂ nas plantas do tipo C₃, é inferior à afinidade

da fosfoenolpiruvato carboxilase, responsável pela fixação do CO_2 nas plantas do tipo C_4 . Estas plantas podem continuar fixando CO_2 em concentrações inferiores às plantas do tipo C_3 . A colocação de plantas C_3 e C_4 num espaço hermético e iluminado, resulta na fixação de todo o CO_2 disponível no ambiente. Nessa condição, as plantas do tipo C_3 , continuam respirando, sem poder fixar CO_2 e morrem, devido ao esgotamento de suas reservas de energia química. Desse modo, determina-se se a planta é do tipo C_3 ou C_4 . Basta colocar essa planta junto com uma do tipo C_4 , num ambiente hermético e iluminado. Se ela consegue sobreviver, pertence ao tipo C_4 . Se morre, é porque pertence ao tipo C_3 .

Para estimular a compreensão sobre a fotorrespiração, precedendo a aplicação do infográfico, com a finalidade de criar um conflito cognitivo, conforme [21], foi apresentada ao aluno, uma questão sobre um experimento, envolvendo a submissão de 30 plantas ao tratamento com vidro hermeticamente fechado e iluminado, durante alguns dias, totalizando 5 grupos experimentais, com n (6), incluindo um grupo controle, constituído por plantas C_4 , (milho) e 4 grupos experimentais (cana, sorgo, arroz e soja) constituídos por plantas de cultivares conhecidas. Na sequência, os alunos foram interrogados sobre a causa da morte de algumas plantas.

O aluno foi instigado a descobrir, em qual categoria se enquadra o grupo de plantas de acordo com o evento observado, e quais os motivos ele justifica para se fundamentar a decisão, conforme as metodologias da ABP (Aprendizagem Baseada em Problemas) e da ABE (Aprendizagem Baseada em Evidências), cujo pioneiro foi [22], a fim de promover a interação entre ciência e educação, além de propiciar uma forma, de modo que os alunos se sintam estimulados a propor e resolver problemas [23], com modificações, considerando os pressupostos definidos por [24], sobre o método científico.

O estudo cientométrico cobriu 23 artigos que foram publicados desde 1984 até setembro de 2019 na base de dados Scopus. As palavras-chave usadas para coletar os dados foram ensino, conteúdo e fotossíntese. O foco da análise cientométrica foi número de documentos por ano, afiliação, autor, países, periódicos, Índice h , fator de impacto e títulos dos estudos. Além disso, implicações de ausência de ferramentas para o ensino desse tema, foram enfatizadas. O índice h foi determinado com base em [25].

Os questionários aplicados foram examinados e analisados. A análise das respostas dos dados qualitativos se deu pela Análise de conteúdo na perspectiva da análise temática [26,27]. A interpretação dos resultados obtidos foi feita com aporte no Processamento Humano de Informações Visuais. As variáveis referentes ao estudo cientométrico foram analisadas com

base nas informações obtidas do Scopus, abrangendo indicadores de saída: produtividade diacrônica e produtividade dos autores e indicadores de impacto: influência que alguns títulos, instituições, países e autores de fontes exercem sobre a produção científica desse tema [29].

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O infográfico sobre o ensino do ciclo fotorrespiratório foi aplicado em turmas de Ciências Biológicas da Universidade Regional do Cariri. O infográfico pode se tornar uma ótima ferramenta educacional para ser usado tanto no ensino quanto para promover a comunicação básica, visto que pode fornecer basicamente apelo, compreensão e retenção [30, 31].

Em geral, infográficos são representações de conteúdo complexo que combinam um rol de informações com potencial para possibilitar a capacidade de construir significados e de gerar projetos e conhecimentos relevantes [28]. Desse modo, o uso de tal ferramenta acarreta a aprendizagem significativa.

Realizou-se a classificação das percepções dos sujeitos nas fases pré-teste e pós-teste, a respeito da infografia, em categorias, descritas na Tabela 1 e na sequência foram expressas em gráficos.

Tabela 1. Distribuição da percepção dos sujeitos, obtidas por categorias no estudo das fases Pré-teste e Pós-teste.

Pré-teste	Pós-teste
Abordagem e formato do infográfico	Eficiência quanto ao uso do infográfico
Sugestões de melhorias para a ferramenta	Compreensão sobre o impacto do ciclo C2
Aspectos positivos do infográfico	Efeito sobre os métodos de ensino
Aspectos negativos do infográfico	Contribuição para a formação
Conceitos descritos na ferramenta	Conhecimento e habilidades utilizadas
Interdisciplinaridade e visão crítica	Elaboração de conceitos e infográficos

Os resultados do pré-teste, referentes à aplicação do infográfico sem uma exposição prévia do assunto, considerando apenas o conhecimento obtido pela explicação tradicional, durante a disciplina, os resultados são exibidos de acordo com a sequência de questões da pesquisa. Os dados das Figuras 2A e 1B indicaram que os estudantes perceberam o uso de infográfico como ferramenta de aprendizagem de abordagem eficaz, significativa, autoexplicativa, no entanto, entendem que precisa melhorar com relação às imagens e legenda.

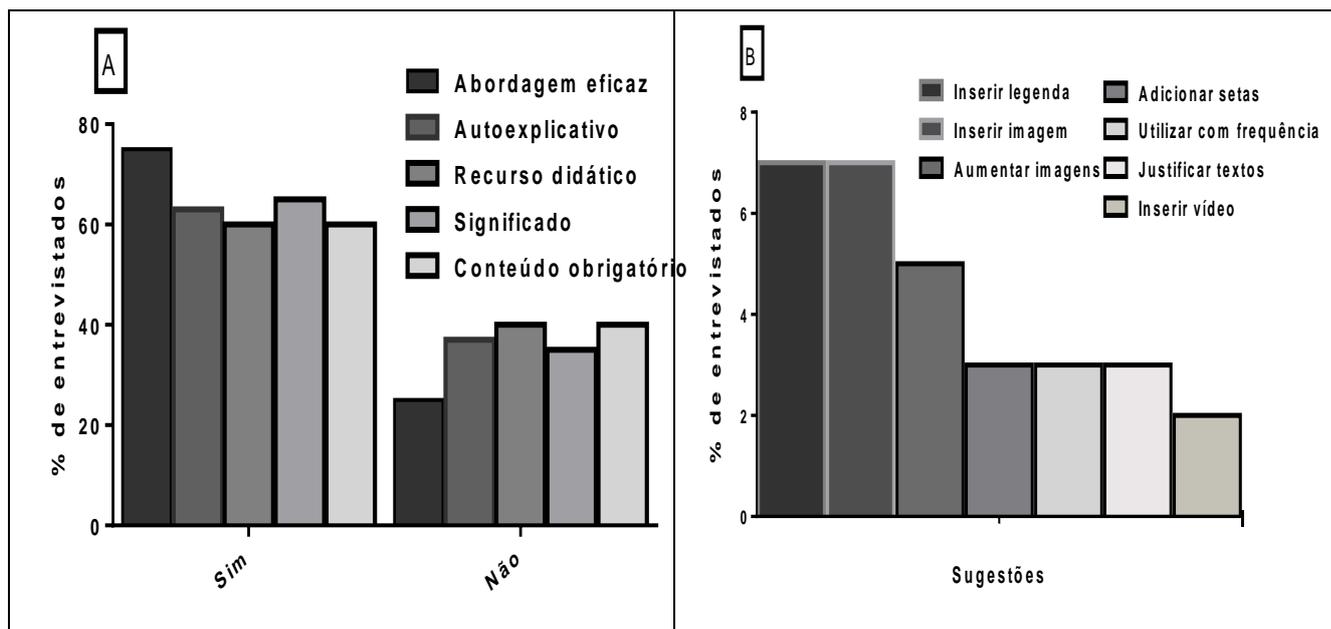


Figura 2A. Percepção quanto à abordagem e formato do infográfico. 1B Sugestões de melhorias para a ferramenta.

Apesar de toda a pesquisa existente sobre o uso de novas tecnologias na sala de aula do ensino superior, a literatura sobre o uso de infográficos no ensino permanece altamente limitada, na melhor das hipóteses [32]. Tal ausência é evidente, uma vez que os infográficos parecem uma maneira natural de alcançar alunos com diversos estilos de aprendizagem, principalmente alunos visuais [33, 31].

O infográfico deve ser organizado de uma maneira que faça sentido para o espectador, enquanto retrata com precisão as informações e o uso de gráficos visuais por meio de atividades multimídia que propiciam aprendizado altamente eficiente, pois implica um ambiente de aprendizado dinâmico, realista, revelador e condutor. Gráficos visuais ajudarão os professores a facilitar a elaboração de lições para os alunos [34].

A eficácia do uso do infográfico neste estudo, se dá pelo fato de facilitar a compreensão (Figura 3A) dado que é consistente com outros achados que confirmaram a eficácia na melhoria dos resultados da aprendizagem e aumentam a motivação para aprender [35,33,36]. Por outro lado, os alunos consideram a imagem reduzida e certa dificuldade de compreensão (Figura 3B).

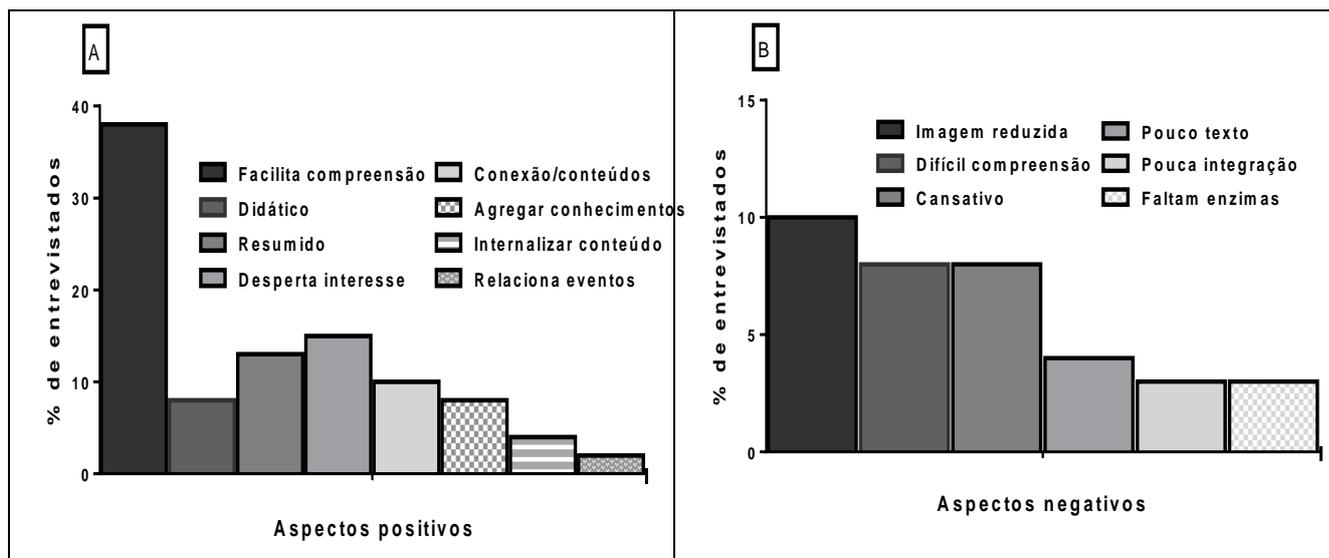


Figura 3A Aspectos positivos do infográfico. **Figura 3B.** Aspectos negativos do uso infográfico.

O infográfico desempenhou um papel importante na comunicação com estudantes, apresentando conhecimento, estimulando o interesse e envolvendo os alunos de forma interativa. Isso pode ser visto na percepção dos alunos em parte, visto que atraiu interesse, estimulou a aprendizagem, ajudou reconhecer o conteúdo e facilitar a compreensão, junto a atratividade visual.

Os cursos que ensinam os alunos a criar seus próprios infográficos usando uma variedade de ferramentas pode incentivar o envolvimento em sala de aula e pode levar a uma melhor compreensão dos conceitos que são mapeamento para os gráficos [37]. Usar recursos visuais na sala de aula é uma boa maneira de fazer uma lição mais memorável para o aluno envolvido, além de ajudar a manter a atenção focada no aspecto visual da apresentação [32].

As figuras 4A e 4B ilustram a percepção dos estudantes sobre a capacidade de visualizar conceitos e aspectos interdisciplinares da ferramenta, respectivamente. Nota-se que 60% apontaram melhoria na percepção dos conceitos (Figuras 4A). Apenas 10% entendem que pode ser usado de forma interdisciplinar. Inclui amplo uso, para debates e aulas práticas, com a possibilidade potencial de aprimorar o pensamento crítico, raciocínio e desenvolver ideias. Embora os estudantes relatem dificuldades, suas opiniões sobre o uso do infográfico foram positivas e concordaram que infográficos podem melhorar seu aprendizado.

Portanto, os infográficos propiciam que conhecimentos sejam apresentados de forma atrativa e concisa, instiguem o desenvolvimento do pensamento sintético, complexo, atuando na correlação de diversos tipos de informação, ou seja, espaço, cor, forma, dados numéricos e dimensões [28].

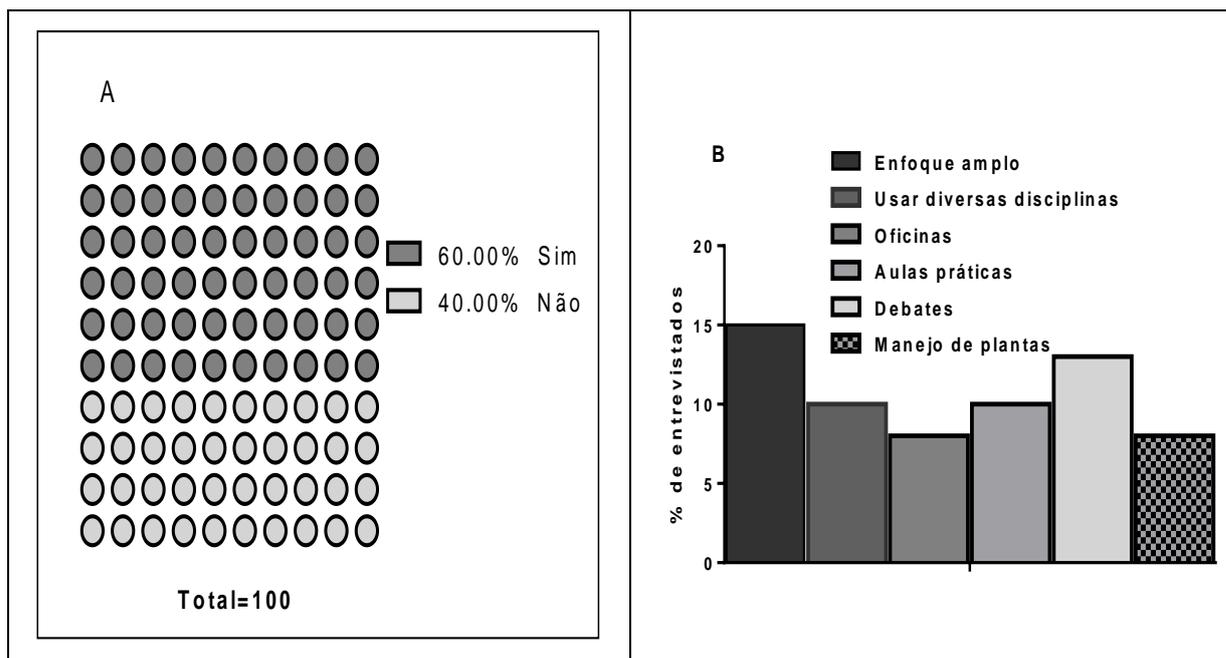


Figura 4 (A) Percepção com relação aos conceitos descritos na ferramenta. **4 (B)** Percepção quanto à interdisciplinaridade e visão crítica da ferramenta.

Nossos achados estão de acordo [32], os quais verificaram que o infográfico incorporado ao longo do assunto pode promover a qualidade da aprendizagem, pois tem um impacto positivo e pode ser usada como ferramenta eficaz de comunicação visual e ferramenta de aprendizado, sendo recomendável que os instrutores levem em consideração o uso como ferramenta para comunicar, a fim de envolver os alunos (apelo), fornecer conhecimento (compreensão) e transmitir conhecimentos memoráveis (retenção), além de manter a atenção no assunto comunicado e apresentado (recurso).

Os resultados do pós-teste, referentes à aplicação do infográfico com uma exposição prévia, através da apresentação de uma questão de caráter investigativo, fundamentada na literatura, são descritos. A questão discutida com os estudantes, a fim de induzir a questionamentos e conflito, para mostrar os limites das concepções dos alunos, [38, 21] sobre a demonstração experimental da fotorrespiração é esta:

Em um experimento, 30 plantas de espécies diferentes, identificadas por M (milho), grupo controle, e quatro grupos experimentais C, S, A e J (cana, sorgo, arroz e soja), respectivamente depois de já haverem germinado e crescido alguns centímetros, foram cultivadas em um ambiente hermético e iluminado, durante alguns dias. Notou-se que as plantas da espécie M não morreram (continuaram com o mesmo tamanho), as das espécies cana e sorgo, não morreram, e as espécies arroz e soja morreram. a) A que conclusão o experimento permite chegar? b) Qual é o processo relacionado com a morte das plantas A e J?

A intenção foi criar um conflito, mostrando que a morte das plantas não pode ser explicada usando a concepção de que as plantas morreram por falta de recursos como ar, água

e nutrientes, devido outras espécies terem sobrevivido. Ressalta-se que a questão instigou a curiosidade e estimulou o desejo do aluno encontrar a resposta, dadas às respostas comportamentais e verbais. Tal desejo levou a uma análise cuidadosa, com um olhar aguçado sobre o infográfico. Ciência é uma atividade humana, cujo desempenho depende do balanço entre o subjetivo e o objetivo. O homem procura entender natureza que o cerca. É mais uma atitude, um modo de pensar, do que um acúmulo de informações, um corpo de conhecimentos [39]. Além disso, reconstruir os caminhos de aprendizagem dos alunos, a fim de tirar conclusões sobre a gênese de algumas concepções, pode ser usado para desenvolver ambientes eficazes de aprendizado [21].

Assim, em vez de usar a mudança conceitual, [40] defende o uso do termo reconstrução conceitual que, em teoria, enquadra os processos de aprendizagem nos quais os alunos desenvolvem suas estruturas mentais, formando novas concepções com base em sua própria imaginação e experiência. Desse modo, estimular o senso de investigação no aluno, é fundamental.

Na sequência foi apresentado o infográfico, seguido da apresentação do questionário, e foi solicitado que fosse determinada que na ferramenta, a ordem sequencial de todo o processo.

A colocação de plantas C_3 e C_4 num espaço hermético e iluminado, resulta na fixação de todo o CO_2 disponível no ambiente. Nessa condição, as plantas do tipo C_3 , continuam respirando, sem poder fixar CO_2 e morrem, devido ao esgotamento de suas reservas de energia química. Desse modo, determina-se se a planta é do tipo C_3 ou C_4 . Basta colocar essa planta junto com uma do tipo C_4 , num ambiente hermético e iluminado. Se ela consegue sobreviver, pertence ao tipo C_4 . Se morre, é porque pertence ao tipo C_3 [13].

Os resultados referentes à eficiência quanto ao uso do infográfico do ciclo fotorrespiratório pelos estudantes demonstraram que 80%, entenderam que a ferramenta proporciona o entendimento que a fotorrespiração (ciclo C_2) ocorre em plantas C_3 , com a possibilidade de estabelecer relação com a identificação de espécies com o mecanismo C_3 e C_4 , e 70% dos entrevistados expressaram que pode ter implicações sobre as plantas invasoras (Figura 5), pelo fato de boa parte dessas plantas apresentarem mecanismo fotossintético C_4 , sendo favorecidas quanto ao desenvolvimento, devido a PEP carboxilase [3]. Curiosamente, os alunos conseguiram argumentar que a fixação de dióxido de carbono da planta como pré-condição para sobreviver, seria imprescindível, e que acarretaria o esgotamento de suas reservas. Tal fato, mostra que provoca um conflito cognitivo e, portanto, desencadeia mudanças

conceituais capazes de provocar uma melhor compreensão científica. Assim, as concepções subjacentes devem ser vistas como potenciais de aprendizado.

Neves (2013) [41] destaca que saber como buscar a resposta é mais importante do que saber a resposta, o que requer mudanças curriculares para que, de fato, desenvolver a capacidade cognitiva seja uma prioridade em relação à transferência de grande quantidade de conhecimentos teóricos.

A construção de conceitos e a estimulação do raciocínio devem, portanto, andar de mãos dadas, sem que uma se distancie muito da outra. O professor deve estar preparado para saber qual é este ponto de equilíbrio, ter autonomia para decidir, juntamente com os alunos, a respeito do conteúdo a ser estudado. O uso da Aprendizagem Baseada em Problemas, neste estudo confirmou que a abordagem pode ser rica em situações que desenvolvam a habilidade de raciocinar, desde que acompanhada por momentos de reflexão, discussões e interações nos grupos, intervenções do professor lançando perguntas provocadoras [42].

Ribeiro (2008) [43] enumera algumas características que devem estar presentes num formato de ABP ou PBL: um problema da vida real sempre precede a discussão da teoria; existe um processo formal de solução de problemas; os alunos trabalham em grupos em busca desta solução, sob a orientação de um tutor facilitador ou guia do processo. Além disso, o estudo é autônomo e autorregulado pelo aluno; o processo favorece a integração de conhecimentos.

Leite e Esteves (2005) [44] enfatizam que numa metodologia orientada por problemas, assim como na vida real, a teoria só é estudada depois que um problema é identificado ou apresentado. Nesse contexto, o problema corresponde a uma dificuldade que desafia nos alunos a capacidade de solução. A resposta é desconhecida do aprendiz, que precisará fazer pesquisas para encontrá-la. Os problemas podem ser solucionados após pesquisa teórica em meios diversos, mas há casos que pedem a utilização de atividades laboratoriais, trabalhos de campo, entrevistas, entre outras.

DE Meis, (2019) [39] afirma que os componentes método e intuição continuam sendo os ingredientes essenciais de uma descoberta, enquanto o método e a experimentação são instrumentos que permitem avaliar a realidade das coisas sugeridas pela nossa imaginação.

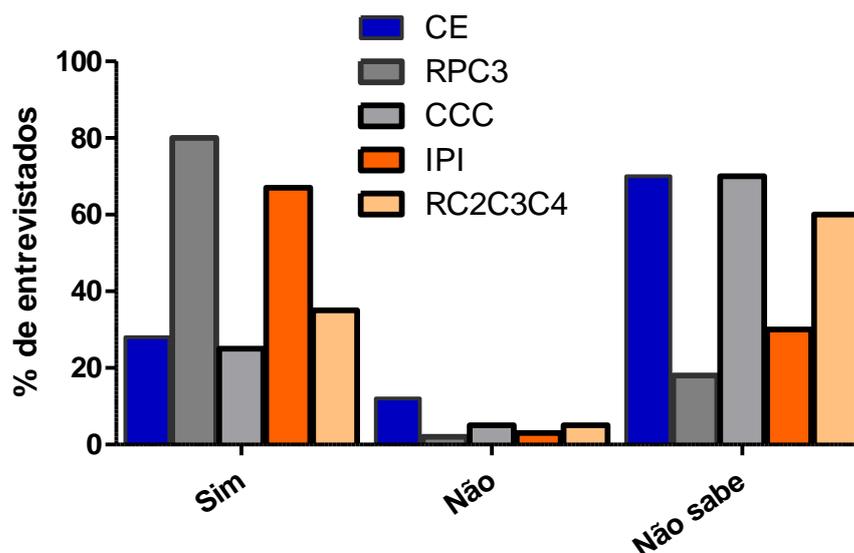


Figura 5 Eficiência quanto ao uso do infográfico. CE: Compreensão eficaz; RPC3: Realizado por plantas C₃; CCC: Conhecimento da compartimentalização celular; IPI: Implicações sobre plantas invasoras; RC2C3C4: Relação ciclo C₂ com identificação ciclo C₃/C₄.

Ensinar com infográficos exige que os professores planejem cuidadosamente qual conteúdo usar, o que comunicar, qual atividade de aprendizagem combinar e quando facilitar a aprendizagem, haja vista, infográficos podem ser usados para se comunicar e se conectar aos alunos de várias maneiras, como dar conteúdo, usar como estudo de caso ou mostrar exemplos.

Na Figura 6 pode-se observar o entendimento dos entrevistados sobre o impacto do ciclo fotorrespiratório C₂. A maioria dos discentes (80%) afirmou que o ciclo funciona como uma válvula de escape para as plantas, enquanto 40% compreende que constitui uma proteção fotossensível. Este entendimento deve-se em parte a integração entre o aporte investigativo da questão aplicada e ao novo olhar dos estudantes sobre a ferramenta infográfica.

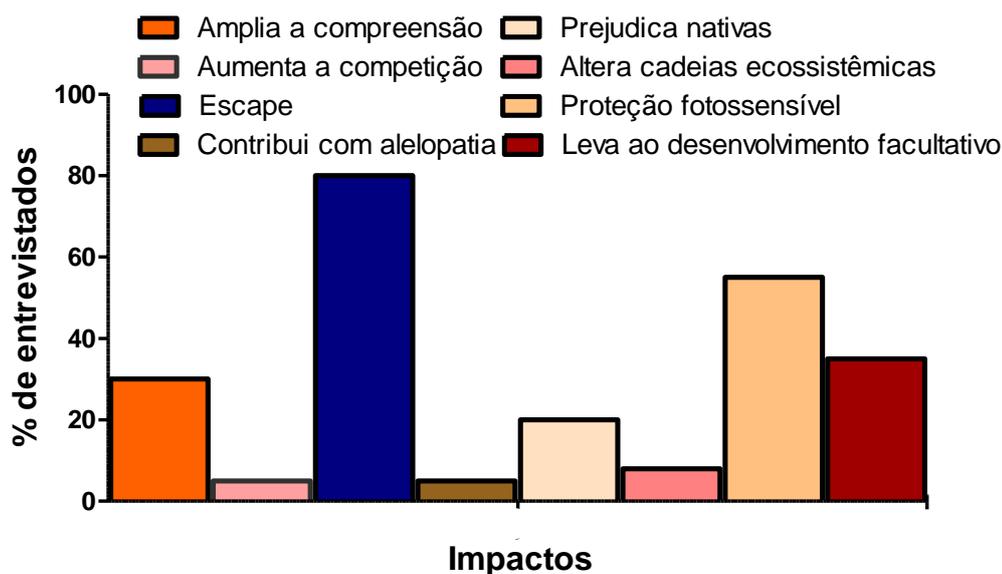


Figura 6. Compreensão sobre o impacto do ciclo C_2 pelos discentes.

Este resultado está de acordo com a literatura, que registra que o ciclo fotossintético oxidativo C_2 do carbono é um componente auxiliar da fotossíntese, que não só recupera parte do carbono assimilado, mas também se conecta a outras rotas de plantas terrestres contemporâneas. A fotorrespiração ou ciclo fotossintético oxidativo C_2 do carbono servia para recuperar o carbono desviado pela atividade oxigenase da rubisco e proteger as plantas de condições estressantes, como luz alta, seca e estresse salino. O ciclo fotossintético oxidativo C_2 do carbono requer a participação de três organelas, cloroplastos, mitocôndrias e peroxissomos, que estão integradas ao metabolismo total das células [3].

Na Figura 7A examinou-se o efeito do infográfico sobre os métodos de ensino parece satisfatório, visto que 90% dos estudantes enxergam o seu uso como uma abordagem global e 70% como um método de desenvolvimento contínuo. 60% entende que enfatiza as emoções, por estimular a curiosidade, quando precedido pela questão experimental, que gera uma aprendizagem experimental, ponto de vista de cerca 40% dos investigados. Adicionalmente, 50% dos discentes informa uma elevada contribuição da ferramenta para a formação do biólogo, sobretudo do futuro docente (Figura 7A). Isto posto, ratifica a percepção do uso do infográfico como uma ferramenta eficaz, no pré-teste, pelos entrevistados de cerca de 80%.

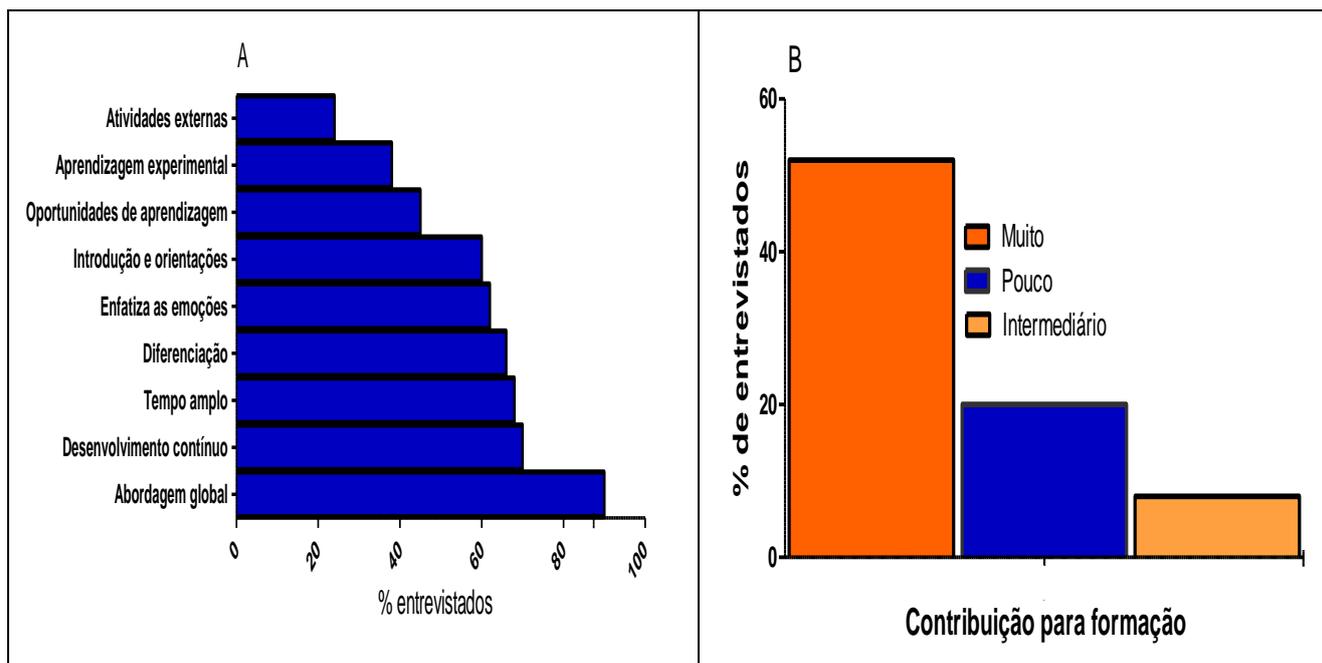


Figura 7 (A) Percepção dos estudantes acerca do efeito infográfico sobre os métodos de ensino. **(B)** Contribuição para a formação.

O infográfico, tornou-se uma das formas mais eficazes de conteúdo para a comunicação de informações [33] e ótimos materiais educacionais para uso no ensino e na aprendizagem [45].

A Figura 8 mostra a percepção dos estudantes acerca dos tipos de conhecimentos e habilidades de pensamento utilizadas para compreender a ferramenta. Dentre os tipos de conhecimento, a partir de 30% enfatizam a síntese, compreensão, conhecimento, e avaliação, enquanto a partir de 40% observam como as principais habilidades de pensamento envolvidas, o conhecimento conceitual e do método. Tal resultado se relaciona ao potencial do uso do infográfico para aguçar a curiosidade, aliado a um embasamento científico.

A literatura relata que aplicando esquemas de imagem metaforicamente, ou seja, mentais incorporadas, é possível conceber e articular ideias abstratas e imperceptíveis. Assim, torna-se possível analisar os caminhos de aprendizagem de maneira mais eficaz, levando em consideração essas concepções fundamentais e esquemas de imagem incorporados [21].

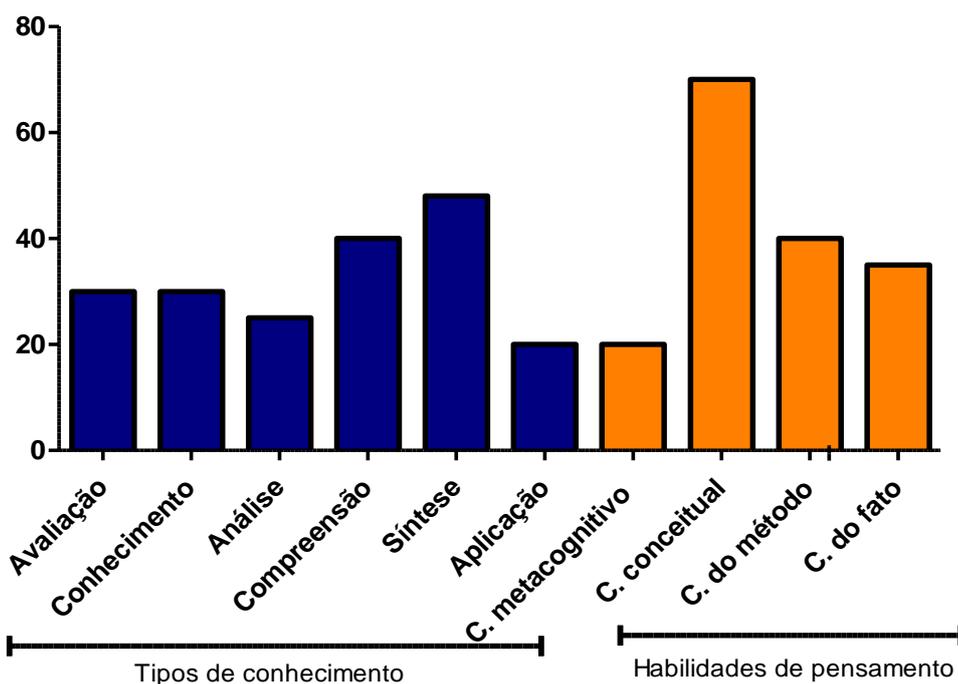


Figura 8. Tipos de conhecimento e habilidades utilizadas para aprendizagem com o infográfico.

Considerando a Figura 9, verifica-se que acima de 60% dos estudantes têm percepção que melhorou a capacidade de elaborar conceitos, entretanto apenas cerca de 20% ampliou a percepção sobre a compreensão das reações do ciclo. Isto se deve possivelmente a complexidade do assunto e a necessidade de consolidar conceitos. Os estudantes afirmam que o incentivo para a construção de infográficos manuais, facilita a internalização do conteúdo Figuras 9B e 9C.

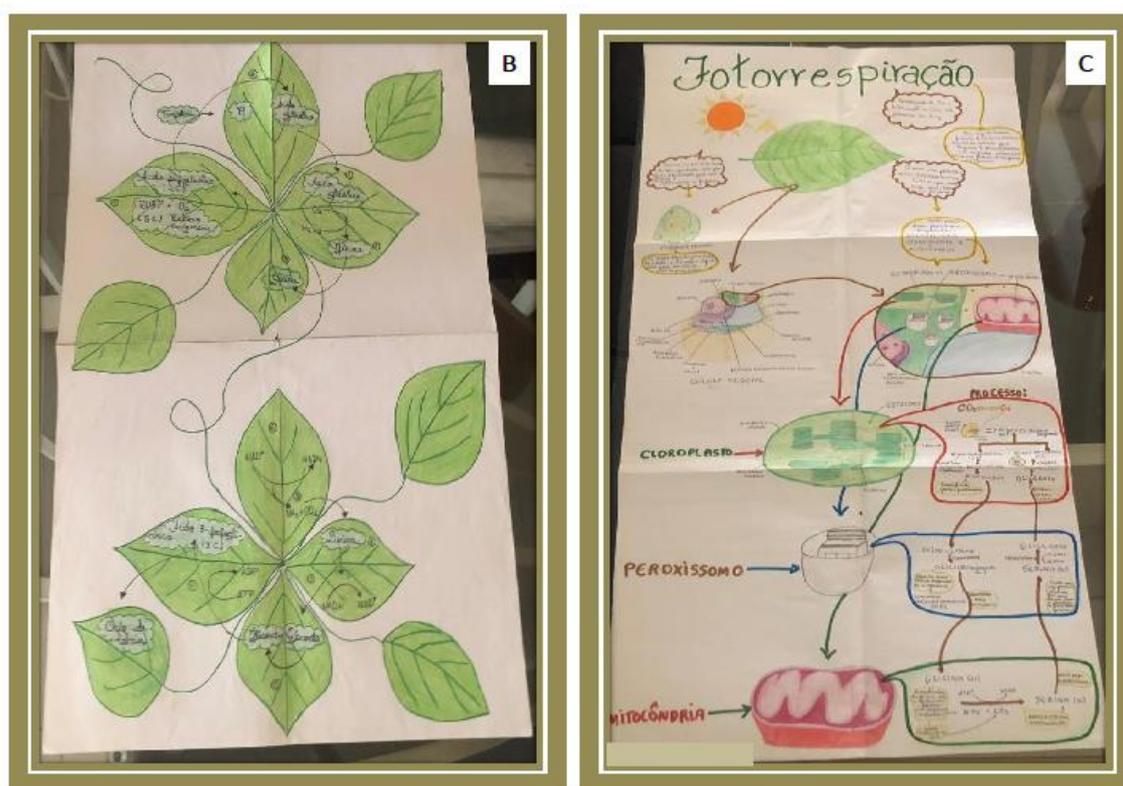
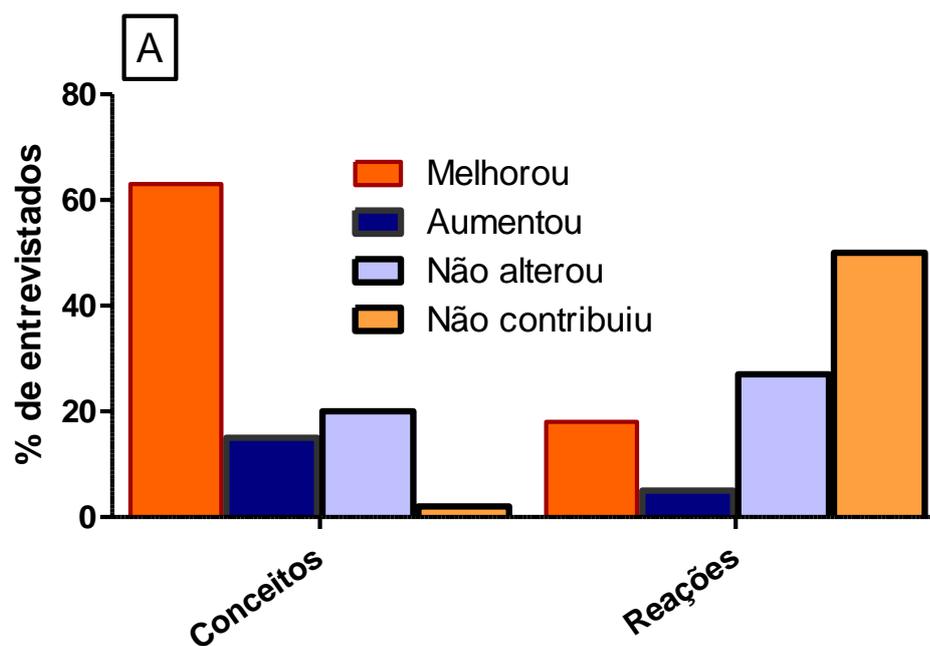


Figura 9 (A) Elaboração de conceitos e aprendizagem das reações envolvidas no ciclo fotossintético C_2 . (B e C) Seleção de Infográficos manuais sobre Fotorrespiração construídos pelos alunos.

A utilização de infográficos como material de ensino visa à transmissão visual de informações, acontecimentos ou dados de notícias, ajudando no entendimento de informações complexas ou não familiares, estimulando o interesse do leitor. Portanto, infográfico deve ser usado como um recurso educacional [46]. Matrix (2014) [32] afirma que adotar este tipo de

designação criativa para o ensino e a aprendizagem, acarreta benefícios e incentiva a alfabetização digital visual dos alunos, embora considere os desafios pedagógicos e técnicos que podem surgir ao fazê-lo. Os dados apresentados nos infográficos construídos pelos alunos, sugere a existência de uma forte interação entre organelas citoplasmáticas, que cria nos estudantes a imagem evidente de um vegetal e o processo de Fotorrespiração, fragmentado (Figuras 9B e 9C).

Com relação à pesquisa cientométrica, considerando a variável produção de documento por ano, uma evolução (78%) foi observada a partir de 2008 na base de dados Scopus. Em contrapartida, foi registrada uma queda nos anos de (2011, 2013, 2014 e 2016), quando a produção permaneceu (0%), similar ao período compreendido entre (1993-2005), enquanto caiu em 1992 e 1993 (4.34 %). Em 2017, a produção aumentou e estabilizou em 2018 (13%), enquanto em 2019 caiu para o nível de (4%). Os resultados mostraram os picos máximos de produção no Scopus. A Figura 10 mostra o número de publicação sobre o tópico (ensino, conteúdo, fotossíntese) no Ensino Superior durante o período de 1984 até setembro 2019.

O ensino do conteúdo Fotossíntese aplicado ao Ensino Superior é um tópico recorrente no ensino de ciências [21, 47], porém é necessário aprimorar a formação docente [48]. Ensinar fotossíntese com criação de conflitos e infográficos, possibilita a criação de ambientes fáceis de aprender, com base em quadros e esquemas de imagem relevantes, para acionar processos de aprendizado graduais, contínuos e consistentes. Contudo, devem ser realizados, analisando os efeitos o grau de entendimento. Os dados aqui relatados mostram uma série de documentos sobre o tema nos últimos anos (1984–2019), embora seu número tenha caído em (2011, 2013, 2014 e 2016) para os níveis de 1993 e 2005, e permaneceu estável em 2018. Essas observações levaram a questionar como ocorre o ensino desse assunto.

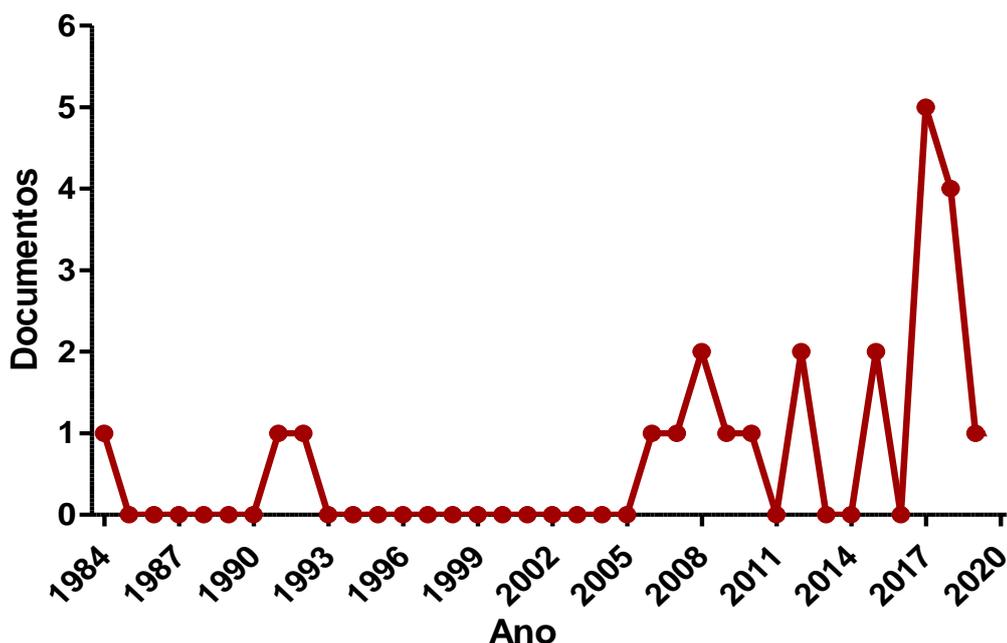


Figura 10. Produção científica anual no Scopus.

A literatura tende a duplicar após 10 anos [29]. Isso foi confirmado neste banco de dados, de 1997-2007 (9%), e no período (2008-2018) (56%). Dado o pouco crescimento da literatura científica sobre o ensino de Fotossíntese, houve um aumento expressivo, de seis vezes, no período de 10 anos.

Ao analisar as organizações, as instituições com mais referências, constituem a Universidade de Iowa que se destacou, com 3 referências (13%) e a Universidade de Michigan State (9%) com duas referências, enquanto as demais instituições tinham uma referência, como mostrado na Figura 11A.

Quanto aos países que produziram mais literatura, os Estados Unidos ficaram em primeiro lugar, com 10 documentos, representando (43,47%) e o segundo com dois (15,95%) da produção total. No entanto, nos demais países, a produção foi estabilizada (4.34 %) (Figura 11B).

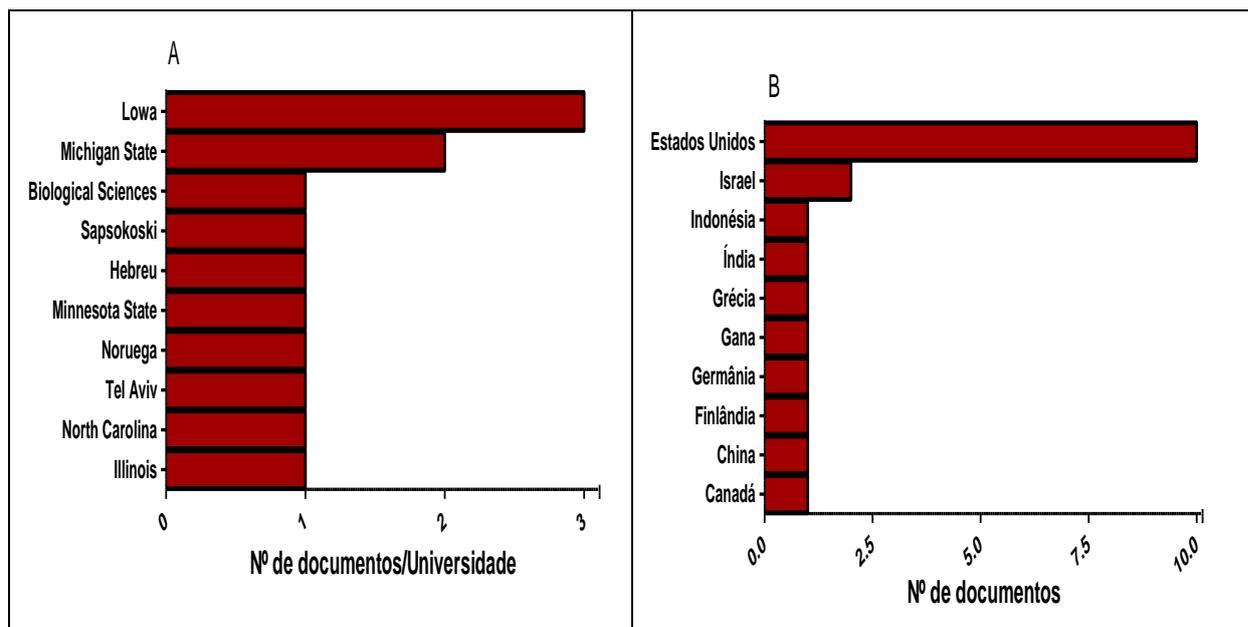


Figura 11. A. Número de documentos por afiliação. B. Por país.

Embora os Estados Unidos sejam os países com maior produção, vários países de diferentes continentes (Israel, Indonésia, Índia, Grécia, Gana, Alemanha, Finlândia, China e Canadá) manifestaram interesse pelo tema, o que denota que esse o ensino desse tópico é de interesse global.

Em relação ao tipo de documento, a maior parte da produção concentrou-se em artigos de pesquisa (78.30%) em relação à produção total. Já as áreas com maior destaque, foram Ciências Sociais e Agricultura, conforme ilustrado nas Figuras 12A e 12B.

Constatou-se que a maior parte do tipo de documentos publicados são artigos, o que ressalta o interesse pelo tema que, no entanto, não parece suficiente para levar ao aumento da produção de artigos científicos. A diferença entre e artigos científicos e documentos de trabalhos ainda é grande: 78.30% dos primeiros contra 8.80% oriundos de conferências, e os demais 4.30%. Tal resultado está de acordo com [29], cujo resultado sobre estudo relacionado à inteligência artificial indica que a literatura científica sobre esse assunto está em uma fase incipiente.

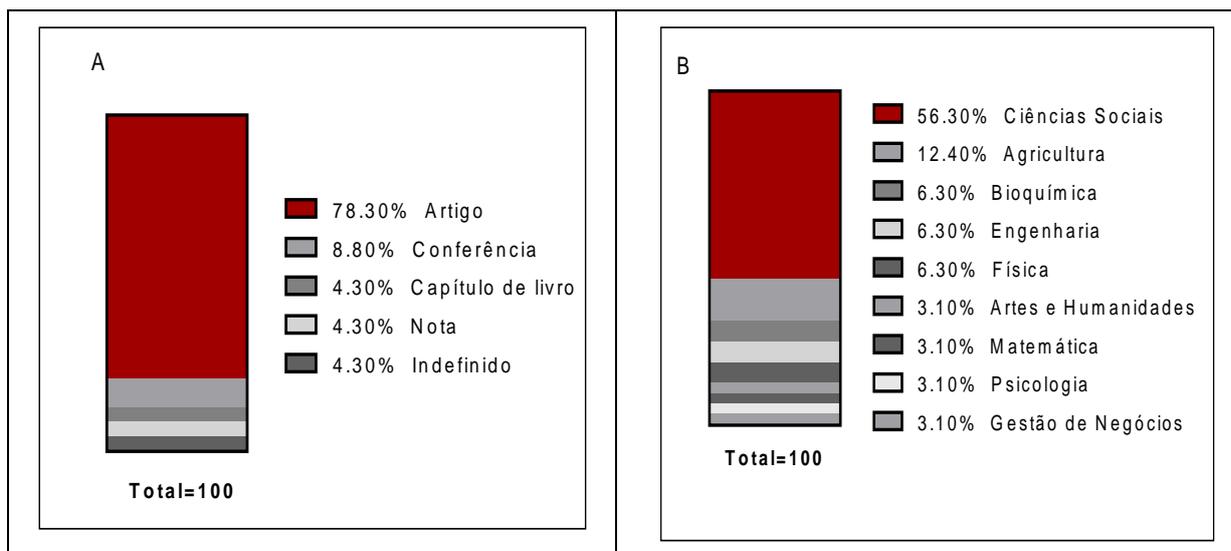


Figura 12. (A) Percentual de documentos por tipo e (B) área.

A lei bibliométrica de Lotka indica que um pequeno grupo de autores produz um grande número de documentos, sendo esses autores muito produtivos [49]. Nossos dados mostram na Figura 13, que o autor mais produtivo neste estudo foi Park. S, com três referências (13%).

Percebe-se que poucos autores publicaram dois ou mais documentos sobre (ensino, conteúdo, fotossíntese) no ensino superior, fato que confirma a lei bibliométrica de Lotka. A maioria dos autores publicou apenas um artigo sobre esse assunto.

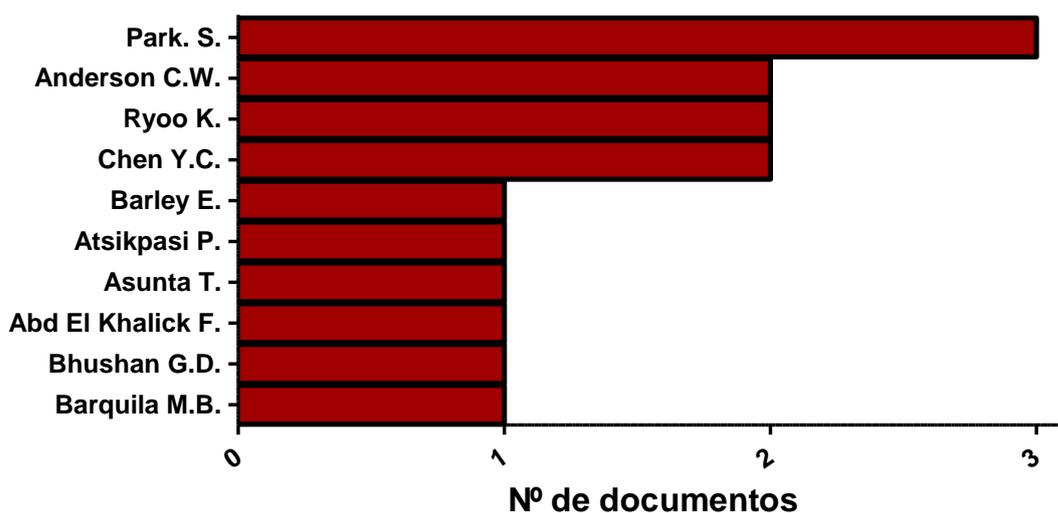


Figura 13. Número de documentos por autor.

Usando a função de busca Scopus dos artigos, extraímos o maior número de citações para um único artigo, os autores, os anos de publicação, o tipo de documento e o total de

citações, para todos os que constam da lista, cujo resumo desses dados (1- 23), equivalente à referência dos autores [50- 72] está ilustrado na Tabela 2.

Obteve-se ainda, dados referentes à variável, artigos mais citados, como critério de qualidade a fim de destacar estudos de maior impacto que relatassem 80 ou mais citações. Este artigo foi: Ensinar ciências como língua: uma abordagem "primeiro conteúdo" para o ensino de ciências, publicado em 2008, com 93 citações, enquanto o segundo foi: Mapeando a integração dos componentes do conhecimento pedagógico de conteúdo (PCK): exemplos de alta salas de aulas de biologia escolar, com 82 citações Tabela 2. Observou-se também que o primeiro e o segundo artigos mais citados foram publicados na revista *Journal of Research in Science Teaching*.

Além disso, observou-se que 15 publicações apresentaram autores com duas ou mais referências, cuja tendência foi na maioria dos documentos.

Tabela 2. Documentos (23) citados entre 1984 e 2019 no Scopus.

Posição	Autores	Ano	TD	TC	%TC
1. Ensinar ciências como língua: uma abordagem "primeiro conteúdo" para o ensino de ciências.	Brown, B.A., Ryoo, K.	2008	A	93	22
2. Mapeando a integração dos componentes do conhecimento pedagógico de conteúdo (PCK): exemplos de alta salas de aula de biologia escolar.	Park, S., Chen, Y.-C.	2012	A	82	19
3. O conhecimento de conteúdo pedagógico (PCK) é necessário para o ensino de ciências reformadas?: evidências de um estudo empírico	Park, S., Jang, J.-Y., Chen, Y.-C., Jung, J.	2010	A	73	16
4. Plantas como produtores: um estudo de caso do ensino fundamental de ciências	Smith, E.L., Anderson, C.W.	1984	A	48	12
5. Influência do conhecimento de conteúdo no conhecimento pedagógico de conteúdo: o caso do ensino da fotossíntese e do crescimento de plantas.	Käpylä, M., Heikkinen, J.- P., Asunta, T.	2009	A	47	11
6. Explorando a compreensão de fotossíntese dos alunos de graduação usando grupos de perguntas de diagnóstico.	Parker, J.M., Anderson, C.W., Heidemann, M., Merrill, J., Merritt, B., Richmond, G., Urban-Lurain, M.	2012	A	33	8
7. Estruturas globais e específicas de professores de biologia e de conservação e experientes: implicações para concepções de conhecimento de conteúdo pedagógico	Abd-El- Khalick, F.	2006	A	26	6

8. Como tornar o aprendizado da fotossíntese mais relevante.	Eisen, Y., Stavys, R.	1993	A	8	2
9. Comprimidos em educação. Resultados da iniciativa ETiE, para o ensino de plantas a alunos do ensino fundamental.	Fokides, E., Atsikpasi, P.	2017	A	6	1.4
10. Usando um procedimento de solicitação simultânea para incorporar o conteúdo principal ao ensinar uma possível habilidade profissional.	Collins, B.C., Terrell, M., Test, D.W.	2017	A	5	1.1
11. Ensino de ciências através da linguagem dos alunos na instrução aprimorada em tecnologia.	Ryoo, K.	2015	A	3	0.7
12. Desenvolvimento e validação de medidas de PCK de professores de ciências secundárias para ensino de fotossíntese.	Park, S., Suh, J., Seo, K.	2018	A	2	0.4
13. Efeito de diferentes doses de fertilizante inorgânico na fisiologia, crescimento e produção de quiabo (<i>Abelmoschus esculentus</i>) cultivada em solo BRIS de Terengganu, Malásia.	Khandaker, M.M., Fadhilah Nor, M., Dalorima, T., Sajili, M.H., Mat, N.	2017	A	1	0.2
14. Educação sobre mudanças climáticas: o papel dos currículos de ciências pré-terciárias no Gana.	Boakye, C.	2015	A	1	0.2
15. Uma abordagem sistêmica para entender as respostas das plantas sob estresse abiótico: um exercício de laboratório para cursos de graduação em biologia.	Bhushan, G.D.	2019	A	0	0
16. Entendendo a nutrição das plantas - a gênese das concepções dos alunos e as implicações para o ensino fotossíntese.	Messig, D., Groß, J.	2018	A	0	0
17. Impactos de uma alta carga de nitrogênio no estado foliar dos nutrientes, metabolismo do N e capacidade fotossintética em uma plantação de <i>Cupressus lusitanica</i> Mill.	Li, R., Lu, Y., Wan, F., Wang, Y., Pan, X.	2018	A	0	0
18. Base de conhecimento e funcionalidade dos conceitos de alguns professores de biologia filipinos em cinco tópicos de biologia.	Barquilla, M.B.	2018	DC	0	0
19. Conhecimento de conteúdo pedagógico (PCK) de professores de biologia experientes em fotossíntese.	Widodo, A.	2017	DC	0	0
20. A avaliação do ensino do conceito de ciência dos professores e sua ação para diagnosticar e eliminar conceitos errôneos.	Ecevit, T., Şimşek, P.Ö.	2017	A	0	0
21. O que aconteceu neste curso?: Reflexões a partir de três perspectivas.	Sharp, J., Barley, E., Strachan, W.	2008	CL	0	0
22. Comentário: Um momento de ensino dos "biocombustíveis".	Schuster, S.M.	2007	N	0	0
23. A grade do plano de teste como instrumento de auxílio ao ensino e feedback na formação de professores de biologia.	Jungwirth, E.	1992	A	0	0
				428	100

TP: Tipo de documento; TC: Total de citações; A: artigo; DC: Documento de conferência; CL: Capítulo de Livro; N: Nota.

O artigo mais citado sobre (ensino conteúdo fotossíntese) refere-se ao ato de ensinar ciências como língua [54]. Os segundo e terceiro artigos que aparecem no Scopus se concentram em conhecimento de conteúdo pedagógico (PCK) é necessário para o ensino de ciências [64,65].

Os 23 artigos publicados estão distribuídos em 16 periódicos, dos quais 13.04% foram publicados Journal of Research in Science Teaching e 8.6% na Research in Science Education. O periódico de maior fator de impacto (3.1) foi Journal of Research in Science Teaching, com índice *h* (114) (Tabela 3).

Tabela 3. Lista das revistas dos 23 documentos e Fator de Impacto entre 1984 e 2019, no Scopus.

Posição	Número de documentos	% do total	FI	<i>H</i>
1. <i>Journal of Research in Science Teaching</i>	03	13.04%	3.1	114
2. <i>Research in Science Education</i>	02	8.6	1.3	45
3. <i>International Journal of Science Education</i>	02	8.6	1.3	93
4. <i>CBE Life Sciences Education</i>	01	4.3	2.4	48
5. <i>Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education</i>	01	4.3	-	14
6. <i>Education and Information Technologies</i>	01	4.3	-	-
7. <i>Career Development and Transition for Exceptional Individuals</i>	01	4.3	-	8
8. <i>Journal of Science Education and Technology</i>	01	4.3	1.78	48 A1
9. <i>Australian Journal of Crop Science</i>	01	4.3	1.02	34
10. <i>SAGE Open</i>	01	4.3	0.8	19
11. <i>Education Sciences</i>	01	4.3	-	-
12. <i>Forests</i>	01	4.3	2.1	-
13. <i>AIP Conference Proceedings</i>	02	8.6	0.18	60
14. <i>Elementary Education Online</i>	01	4.3	-	7
15. <i>Writing-Intensive: Becoming W-Faculty in a New Writing Curriculum</i>	01	4.3	-	-
16. <i>Biochemistry and Molecular Biology Education</i>	01	4.3	0.9	33

FI: Fator de impacto; *h*: Índice *h* da Revista.

Dos 23 documentos considerados para o índice- *h* , 8 foram citados pelo menos 8 vezes (Figura 14). Supõe-se que os professores sejam líderes em seu campo e, embora haja muitas maneiras de demonstrar liderança, considera-se que simplesmente não é possível exibir a liderança acadêmica de professores sem publicar trabalhos acadêmicos revisados por pares e, por sua vez, ter esse trabalho citado por outros. Se a citação reflete sobre o trabalho de forma positiva ou negativa, é imaterial; alguém que publicou e errou, conseguiu muito mais do que alguém que está certo, mas nunca publicou [73].

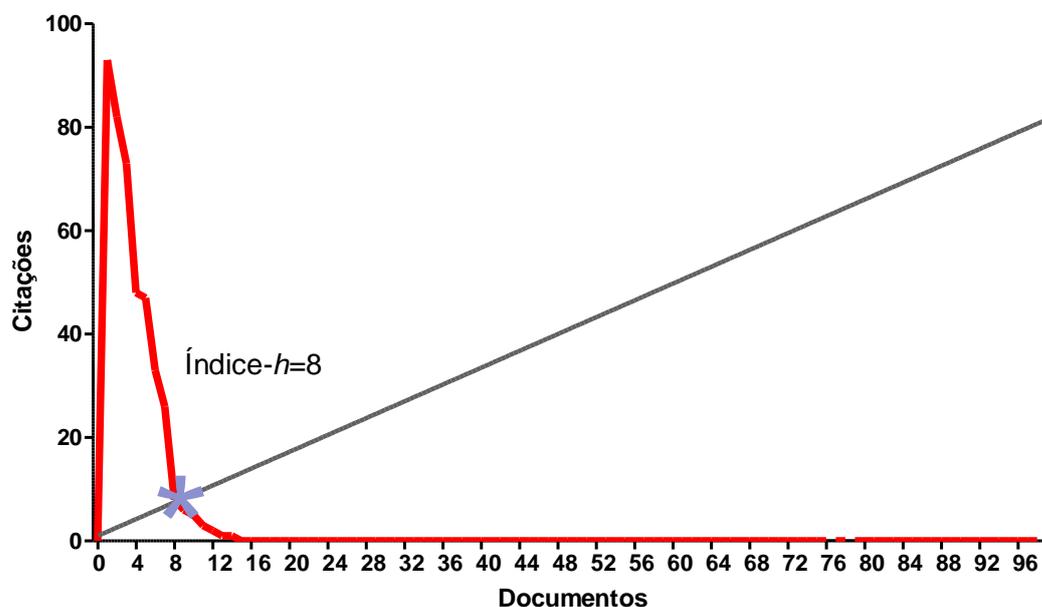


Figura 14. Índice h dos 23 documentos em Scopus.

Em síntese, este estudo respondeu ao objetivo de analisar a produção científica sobre (ensino conteúdo fotossíntese) no ensino superior indexada nas bases de dados Scopus (1984 - setembro/2019). Foi possível obter dados relevantes para fazer possíveis inferências sobre seu status atual e sua possível evolução nos próximos anos. Portanto, os dados aqui apresentados mostram a evolução do ensino de Fotossíntese no Ensino Superior, com uma estagnação na produção científica até 2005. Além disso, os resultados fornecem as respostas para as questões investigadas, o estado da produção ao longo do tempo, a relação entre o número de autores e o de artigos e os principais títulos das fontes, instituições, autores, e impacto.

Limitações metodológicas típica de estudos bibliométricos em bancos de dados, comumente estão vinculadas ao mecanismo de busca. Assim, os artigos que não incluem os descritores (ensino conteúdo fotossíntese) no título, resumo ou palavras-chave, podem ser excluídos dos resultados. O ensino do conteúdo Fotossíntese deve ser um foco de interesse e atrair mais atenção, de modo que possa aprofundar conhecimento e promover o aprendizado de forma efetiva.

CONCLUSÃO

A aplicabilidade do uso do infográfico, enquanto modelo de prática investigativa, facilita a compreensão, interpretação e aprendizagem do conteúdo Fotossíntese, no ensino de

nível universitário. Quanto ao estudo cientométrico, as contribuições vieram de um diversificado conjunto de autores e publicações em periódicos de diversas áreas de estudo. A maioria descreve estudos de Biologia Geral. Este estudo evidenciou um aspecto importante, poucos estudos sobre o ensino do conteúdo Fotossíntese, tornando-se prioridade à necessidade de intensificar estudos, desenvolver, aplicar e aprofundar o tema no processo de formação. Considerando os resultados, sugere-se promover a abordagem e uso de infográficos, enquanto ferramenta no sistema educacional.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à CAPES, ao Programa de Pós-Graduação Educação em Ciências: Química da Vida e da Saúde, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul e a Universidade Regional do Cariri.

CONFLITOS DE INTERESSE

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

REFERÊNCIAS

- [1] JERONEN, E.; PALMBERG, I.; Yli-Panula, E. Teaching methods in biology education and sustainability education including outdoor education for promoting sustainability—A literature review. **Education Sciences**, 7(1), 2016.
- [2] JESUS, F. A.; PERES, L. E. P. Fisionômica. In: Aluizio Borém; Roberto Fritsche-Neto. (Org.). **Ômicas 360º: Aplicações e Estratégias para o Melhoramento de Plantas**, 1ed. Editora Suprema LTDA. p. 209-242. 2013.
- [3] TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I.M.; MURPHY. A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Artmed Editora, 2017.
- [4] ALVES, C. A. D. L. Ensino de Fisiologia Vegetal para agronomia: uma abordagem prática sobre a influencia dos hormônios vegetais no crescimento e no desenvolvimento de plantas. 2013. 23 f., il. **Monografia** (Bacharelado em Agronomia)—Universidade de Brasília, Brasília, 2013.
- [5] KRAUSS, J. “More than words can say: infographics”. **Learning and leading with technology**, 5 (39), 10-14. 2015.
- [6] GARCÍA, E. M. Uso didáctico de las infografías. **Espiral. Cuadernos del Profesorado**, 7(13), 37-43. 2014.

- [7] GUZMÁN-CEDILLO, Y. I.; LIMA-VILLEDA, N.; FERREIRA-ROSA, S. An Experience of Elaborating Didactic Infographics on Sexual Diversity. **Revista Latina de Comunicación Social**, n. 70, 2015.
- [8] RUEDA, A. “Uso de la infografía en los entornos virtuales personalizados para el proceso de enseñanza-aprendizaje sobre el álgebra booleana”. **Vivat Academia**, 130, 37-47. 2015.
- [9] MENDENHALL, S. Y.; SUMMERS, S. “Designing Research: Using Infographics to Teach Design Thinking. Composition”. **Journal of Global Literacies. Technologies and Emerging Pedagogies**, 3(1), 359-371. 2015.
- [10] BRIGAS, J.; GONÇALVES, J.; Y MILHEIRO, S. **Proceedings Book for The Conference on Enabling Teachers for Entrepreneurship Education**. Instituto Politécnico de la Guarda, Portugal. 2013.
- [11] GÜNE, M. H.; GÜNE, O.; & HOPLAN, M. (2011). The using of computer for elimination of misconceptions about photosynthesis. **Procedia-Social and Behavioral Sciences**, 15, 1130-1134.
- [12] Barros A. C. V.; de Araújo, T. V. M.; Lima, R. A. UMA ABORDAGEM INTERDISCIPLINAR SOBRE O ESTUDO DA FOTOSSÍNTESE. **Revista Ensino de Ciências e Humanidades-Cidadania, Diversidade e Bem Estar-RECH**, 5(Jul-Dez), 426-445. 2019.
- [13] AWAD, M.; CASTRO, P. **Introdução à Fisiologia Vegetal**. São Paulo: Nobel. 177 p. 1989.
- [14] DA SILVA, José Aparecido; BIANCHI, Maria de Lourdes Pires. Cientometria: a métrica da ciência. **Paidéia (Ribeirão Preto)**, v. 11, n. 21, p. 5-10, 2001.
- [15] SANTOS, R.N.M.; KOBASHI, N. Y. **Bibliometria, cientometria, infometria: conceitos e aplicações**. 2009.
- [16] CABREIRA, M. C.; IGNÁCIO, P.; TROMBETTA, F., & MILANI, R. O educar pela pesquisa e o ensino de ciências: perspectivas de uma aprendizagem significativa. **Revista Thema**, 16(2), 391-404. 2019.
- [17] GODOY, A. S. Pesquisa qualitativa: tipos fundamentais. **Revista de Administração de Empresas**, v. 35, n. 3, p. 20-29, 1995.
- [18] GIL, A.C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2008.
- [19] GOLDENBERG, M. **A arte de pesquisar: como fazer pesquisa qualitativa em Ciências Sociais**. 9ª ed. Rio de Janeiro: Record, 2005
- [20] CUNHA, M. B. Metodologias para estudo dos usuários de informação científica e tecnológica. **Revista de Biblioteconomia de Brasília**, v. 10, n. 2, 1982.
- [21] MESSIG, D., & GROß, J. Understanding Plant Nutrition—The Genesis of Students’ Conceptions and the Implications for Teaching Photosynthesis. **Education Sciences**, 8(3), 132. 2018.

- [22] DE MEIS, L.; RITA DE CÁSSIA, P.M.; LUCTOSA, P., SOARES, V.R.; CALDEIRA, M.T.; FONSECA, L. The stereotyped image of the scientist among students of different countries: Evoking the alchemist?. **Biochemical Education**, 21(2), 75-81. 1993.
- [23] MALHEIRO, J. M. D. S. A resolução de problemas por intermédio de atividades experimentais investigativas relacionadas à Biologia: uma análise das ações vivenciadas em um curso de férias em Oriximiná (PA). **Tese de doutorado**. UNESP. 315 p. 2010.
- [24] AZEVEDO, M. C. P. S. Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula. **Ensino de Ciências unindo a pesquisa e a prática**, 19. 2004.
- [25] THOMPSON D.R.; WATSON R. Avaliação do desempenho da pesquisa. **Journal of Clinical Nursing** 18 , 2781 - 2782 . 2009.
- [26] BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 1977.
- [27] MINAYO, M. C. S. **O Desafio do Conhecimento: pesquisa qualitativa em saúde**. São Paulo, Editora Hucitec, 2006.
- [28] MACHADO, L. R.; SONEGO, A. H.; RIBEIRO, A. C. R.; DA SILVA MENDES, J. S.; & BEHAR, P. A. Autoria digital de idosos: a produção de infográficos em um curso de inclusão digital. **Estudos Interdisciplinares sobre o Envelhecimento**, 25(1). 2020.
- [29] HINOJO-LUCENA, F. J.; AZNAR-DÍAZ, I.; CÁCERES-RECHE, M. P.; ROMERO-RODRÍGUEZ, J. M. Artificial Intelligence in higher education: A bibliometric study on its impact in the scientific literature. **Education Sciences**, 9(1), 51. 2019.
- [30] RITCHIE, J.; CROOKS, R. **Infographics**. Wiley. 2012.
- [31] LANKOW, J.; RITCHIE, J.; CROOKS, R. **Infographics: The Power of Visual Storytelling**, John Wiley & Sons. 2012.
- [32] MARTIX, S.; HODSON, J. Teaching with infographics: practising new digital competencies and visual literacies. **Journal of pedagogic development**, 2014.
- [33] SMICIKLAS, M. **The Power of Infographics: Using Pictures to Communicate and Connect with Your Audience**. Indiana: QUE Publishing, 2012.
- [34] DICK, H. The Future of Multimedia: Bridging to Virtual Worlds. Englewood Cliffs, N. Jersey. **Education Tchnology Publication**. 2004.
- [35] DWYER, F.M. Effect of Knowledge of Objectives on visualized Instruction. **Journal of Psychology**, 77: 219-221. 2008.
- [36] KENNER, S. **Infographics best practices**. GrasshopperMarketing.com. Retrieved from <http://grasshoppermarketing.com/infographics-best-practices/>. 2014.
- [37] MACQUARRIE, A. **Infographics in Education**. 2012.
- [38] HEWSON, P.W.; HEWSON, M.G.B. The role of conceptual conflict in conceptual change and the design of science instruction. **Instruct. Sci.** 13, 1–13. 1984.

- [39] DE MEIS, L. **Ciência, educação e o conflito humano-tecnológico: Leopoldo de Meis.** Senac. 2019.
- [40] KATTMANN, U. Learning biology by means of anthropomorphic conceptions? **In Biology in Context: Learning and Teaching for 21st Century**; Hammann, M., Ed.; Institute of Education, University of London: London, UK. pp. 21–26. 2007.
- [41] NEVES, M. D. D. **Aprendizagem Baseada em Problemas e o Raciocínio Hipotético-Dedutivo no Ensino de Ciências: Análise do padrão de raciocínio de Lawson em um Curso de Férias em Castanhal (PA).** 2013.
- [42] DAVID, M., DA SILVA MALHEIRO, J. M., & SILVA, M. G. M. O raciocínio hipotético-dedutivo e uma análise do padrão proposto por Lawson na resolução de problemas de ciências. **Mobilidade de docentes em escolas públicas brasileiras: análise dos questionários de professores da Prova Brasil 2013**, 1919.
- [43] RIBEIRO, L. R. C. Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL) na educação em Engenharia. **Revista de Ensino de Engenharia**, v. 27, p. 23-32. 2008.
- [44] LEITE, L.; ESTEVES, E. **Ensino orientado para a aprendizagem baseada na resolução de problemas na licenciatura em ensino de física e química.** Universidade do Minho, Instituto de Educação e Psicologia, Centro de Investigação em Educação. 2005.
- [45] KHARBACH, M. **Ways to teach using infographics.** <http://www.educatorstechnology.com/2013/02/ways-to-teach-using-infographics.html>.
- [46] GONÇALVES, J.; MILHEIRO, S. En: Brigas, J., **Proceedings Book for the Conference on Enabling Teachers for Entrepreneurship Education.** Guarda Polytechnic Institute. 2013.
- [47] Garcia-Gomes, A.; Da Cunha Lima, E. L. O. Teaching with images: the graphic language used in presenting the experiment on photosynthesis in the elodea plant in Brazilian textbooks/Ensinando através de imagens: a linguagem gráfica da apresentação do experimento sobre fotossíntese da planta Elodea em livros didáticos brasileiros. **Brazilian Journal of Information Design**, 12(3), 248-267, 2015.
- [48] BARBOSA, P. P.; MACEDO, M.; KATON, G. F.; URSI, S. (2020). Preservação e conservação da vegetação brasileira: entrelaces com a formação docente e o ensino de botânica. **Pesquisa em Foco**, 25(1). 2020.
- [49] GOMES, I.; QUINTAO, F.; MARINOTTE, A.; SAMPAIO, A.; ROSSINI, S. O corpo como tema da produção do conhecimento: Uma análise bibliométrica em cinco periódicos da educação física brasileira. **Movimento**, 24 , 427-440. 2018.
- [50] ABD-EL-KHALICK, F. Preservice and experienced biology teachers' global and specific subject matter structures: Implications for conceptions of pedagogical content knowledge. **Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education**, 2(1), 1-29. doi:10.12973/ejmste/75435. 2006.
- [51] BARQUILLA, M. B. Knowledge base and functionality of concepts of some filipino biology teachers in five biology topics. Paper presented at the **AIP Conference Proceedings**, 1923 doi:10.1063/1.5019495. 2018.

- [52] BHUSHAN, G. D. A systemic approach to understand plants' responses under abiotic stress: A laboratory exercise for undergraduate biology majors. **Journal of Biological Education**, doi:10.1080/00219266.2019.1569085. 2019.
- [53] BOAKYE, C. Climate change education: The role of pre-tertiary science curricula in Ghana. **SAGE Open**, 5(4) doi:10.1177/2158244015614611. 2015.
- [54] BROWN, B. A.; RYOO, K. Teaching science as a language: A "content-first" approach to science teaching. **Journal of Research in Science Teaching**, 45(5), 529-553. doi:10.1002/tea.20255. 2008.
- [55] COLLINS, B. C.; TERRELL, M.; TEST, D. W. Using a simultaneous prompting procedure to embed core content when teaching a potential employment skill. **Career Development and Transition for Exceptional Individuals**, 40(1), 36-44. doi:10.1177/2165143416680347. 2017.
- [56] ECEVIT, T.; ŞİMŞEK, P. Ö. The evaluation of teachers' science concept teaching and their action to diagnose and eliminate misconceptions. [Öğretmenlerin fen kavram öğretimleri, kavram yanlışlarını saptama ve giderme çalışmalarının değerlendirilmesi] **Elementary Education Online**, 16(1), 129-150. doi:10.17051/ieo.2017.47449. 2017.
- [57] EISEN, Y.; STAVY, R. How to make the learning of photosynthesis more relevant. **International Journal of Science Education**, 15(2), 117-125. doi:10.1080/0950069930150201. 1993.
- [58] FOKIDES, E.; ATSIKPASI, P. Tablets in education. results from the initiative ETiE, for teaching plants to primary school students. **Education and Information Technologies**, 22(5), 2545-2563. doi:10.1007/s10639-016-9560-3. 2017.
- [59] JUNGWIRTH, E. The plan-a-test grid as a teaching aid and feed-back instrument in biology teacher education. **Journal of Biological Education**, 26(1), 41-44. doi:10.1080/00219266.1992.9655242. 1992.
- [60] KÄPYLÄ, M.; HEIKKINEN, J.; ASUNTA, T. Influence of content knowledge on pedagogical content knowledge: The case of teaching photosynthesis and plant growth. **International Journal of Science Education**, 31(10), 1395-1415. doi:10.1080/09500690802082168. 2019.
- [61] KHANDAKER, M. M.; FADHILAH Nor, M.; DALORIMA, T.; SAJILI, M. H.; MAT, N. Effect of different rates of inorganic fertilizer on physiology, growth and yield of okra (*Abelmoschus esculentus*) cultivated on BRIS soil of Terengganu, Malaysia. **Australian Journal of Crop Science**, 11(7), 880-887. doi:10.21475/ajcs.17.11.07.pne552. 2017.
- [62] LI, R.; LU, Y.; WAN, F.; WANG, Y.; PAN, X. Impacts of a high nitrogen load on foliar nutrient status, N metabolism, and photosynthetic capacity in a *Cupressus lusitanica* Mill. Plantation. **Forests**, 9(8) doi:10.3390/f9080483. 2018.
- [63] MESSIG, D.; GROß, J. Understanding plant nutrition—the genesis of students' conceptions and the implications for teaching photosynthesis. **Education Sciences**, 8(3) doi:10.3390/educsci8030132. 2018.

- [64] PARK, S.; CHEN, Y. Mapping out the integration of the components of pedagogical content knowledge (PCK): Examples from high school biology classrooms. **Journal of Research in Science Teaching**, 49(7), 922-941. doi:10.1002/tea.21022. 2012.
- [65] PARK, S.; JANG, J.; CHEN, Y.; JUNG, J. Is pedagogical content knowledge (PCK) necessary for reformed science teaching?: Evidence from an empirical study. **Research in Science Education**, 41(2), 245-260. doi:10.1007/s11165-009-9163-8. 2010.
- [66] PARK, S.; SUH, J.; SEO, K. Development and validation of measures of secondary science teachers' PCK for teaching photosynthesis. **Research in Science Education**, 48(3), 549-573. doi:10.1007/s11165-016-9578-y. 2018.
- [67] PARKER, J. M.; ANDERSON, C. W.; HEIDEMANN, M.; MERRILL, J.; MERRITT, B.; RICHMOND, G.; URBAN-LURAIN, M. Exploring undergraduates' understanding of photosynthesis using diagnostic question clusters. **CBE Life Sciences Education**, 11(1), 47-57. doi:10.1187/cbe.11-07-0054. 2012.
- [68] RYOO, K. Teaching science through the language of students in technology-enhanced instruction. **Journal of Science Education and Technology**, 24(1), 29-42. doi:10.1007/s10956-014-9518-4. 2012.
- [69] SCHUSTER, S. M. Commentary: A "biofuels" teaching moment. **Biochemistry and Molecular Biology Education**, 35(3), 221. doi:10.1002/bmb.57. 2007.
- [70] SHARP, J.; BARLEY, E.; & STRACHAN, W. What happened in this course?: Reflections from three perspectives. **Writing-intensive: Becoming W-faculty in a new writing curriculum** (pp. 87-119). 2008.
- [71] SMITH, E. L.; ANDERSON, C. W. Plants as producers: A case study of elementary science teaching. **Journal of Research in Science Teaching**, 21(7), 685-698. doi:10.1002/tea.3660210703. 1984.
- [72] WIDODO, A. Experienced biology teachers' pedagogical content knowledge (PCK) on photosynthesis. Paper presented at the **AIP Conference Proceedings**, 1848 doi:10.1063/1.4983985. 2017.
- [73] WATSON, R.; MCDONAGH, R.; THOMPSON, D. R. H-indices: an update on the performance of professors in nursing in the UK. **Journal of advanced nursing**, 73(5), 999-1001. 2017.