XXI ENTAC – Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído
14 a 16 de outubro de 2026 | Goiânia-Brasil
DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8901

Diagnóstico operacional e desafios de uma usina de reciclagem de RCC classe A em Fortaleza: estudo de caso

Operational diagnosis and challenges of a class A construction and demolition waste recycling plant in Fortaleza: a case study

Raysa Kécya da Silva
Instituto Federal do Ceará | Quixadá | Brasil | raysakecya12@gmail.com
Vanessa Lira Angelim
Instituto Federal do Ceará | Quixadá | Brasil | angelim.vanessa@ifce.edu.br

Resumo

A construção civil gera elevados volumes de resíduos, contrastando com as baixas taxas de reciclagem no Brasil. Este estudo analisa as condições operacionais, os desafios e as práticas de gestão de uma usina de reciclagem de Resíduos da Construção Civil (RCC) Classe A, compreendendo seu potencial para a sustentabilidade do setor. Realizou-se um estudo de caso qualitativo em uma usina em Fortaleza (CE), utilizando entrevistas semiestruturadas e observação direta. Os resultados indicam estrutura eficiente, com produção média de 500 m³/dia e processos organizados de triagem, britagem e classificação. Identificaram-se práticas sustentáveis como o uso de energia solar e o reaproveitamento de materiais na infraestrutura. Contudo, persistem desafios como baixa aceitação de mercado, limitações logísticas, impactos do período chuvoso e reduzida integração com o poder público, limitando ao aproveitamento de 5% do resíduo municipal. Conclui-se que a atividade é viável e ambientalmente relevante, mas sua expansão depende do fortalecimento de políticas públicas e da ampliação da demanda por reciclados.

Palavras-chave: Resíduos da construção civil. Reciclagem. Economia circular. Gestão de resíduos.

Abstract

The construction sector generates large amounts of waste, contrasting with low recycling rates in Brazil. This study analyzes the operational conditions, challenges, and management practices of a Class A Construction and Demolition Waste (CDW) recycling plant, understanding its potential for sustainability in the sector. A qualitative case study was conducted at a plant in Fortaleza (CE), using semi-structured interviews and direct observation. The results indicate an efficient structure, with an average production of 500 m³/day and organized sorting, crushing, and classification processes. Sustainable practices were identified, such as the use of solar energy and the reuse of materials in infrastructure. However, challenges persist, including low market acceptance, logistical constraints, rainy season impacts, and reduced integration with public authorities, limiting the processing to 5% of the municipal waste. It is concluded that the activity is viable and environmentally relevant, but its expansion depends on stronger public policies and increased demand for recycled materials.

Keywords: Construction and demolition waste. Recycling. Circular economy. Waste management.

SILVA, R. K.; ANGELIM, V. L. Diagnóstico operacional e desafios de uma usina de reciclagem de RCC classe A em Fortaleza: estudo de caso. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 21, 2026, Goiânia. Anais... Goiânia: ANTAC, 2026.

INTRODUÇÃO

De acordo com a [1], o Brasil gera mais de 117 milhões de toneladas anuais de resíduos da construção civil (RCC), dos quais apenas 6% são reciclados. No Ceará, o cenário é semelhante, evidenciando a necessidade de aprimoramento da gestão pública e maior conscientização do setor.

A construção civil desempenha papel fundamental no desenvolvimento socioeconômico, mas também se destaca pelos impactos ambientais, devido ao elevado consumo de recursos naturais e à geração significativa de resíduos [2]. Nesse contexto, a reciclagem de RCC surge como alternativa para redução dos impactos ambientais, permitindo a reutilização de materiais com propriedades técnicas adequadas para diversas aplicações [3]

Entretanto, a viabilidade da reciclagem depende de fatores técnicos, econômicos e operacionais, incluindo custos de implantação, demanda por materiais reciclados e eficiência dos processos produtivos [4]. Assim, a gestão de RCC configura um desafio multidimensional, envolvendo aspectos ambientais, econômicos e sociais [4].

A reciclagem de resíduos da construção civil surge como uma estratégia fundamental para mitigar os impactos ambientais do setor, permitindo a transformação de resíduos em agregados reciclados com aplicação em pavimentação, argamassas e concretos não estruturais [5]. Nesse contexto, as usinas de reciclagem desempenham papel central, pois realizam processos de triagem, britagem, peneiramento e classificação granulométrica, viabilizando o reaproveitamento dos materiais [5].

A viabilidade dessas unidades está diretamente relacionada à disponibilidade de resíduos, à eficiência operacional e à existência de demanda para os produtos reciclados. Estudos indicam que municípios com maior geração de RCC apresentam melhores condições para implantação de usinas, desde que haja integração entre os agentes da cadeia produtiva [6].

Esse modelo está alinhado aos princípios da economia circular, que propõe a substituição do sistema linear de produção por um ciclo contínuo de reaproveitamento de materiais. Além dos benefícios ambientais, essa abordagem contribui para a redução de custos, aumento da eficiência produtiva e valorização dos resíduos como insumos econômicos [7].

No entanto, apesar dos avanços normativos e tecnológicos, a reciclagem de RCC ainda apresenta baixos índices no Brasil. No Nordeste, por exemplo, estima-se que menos de 20% dos resíduos sejam efetivamente reciclados, o que evidencia um amplo potencial de crescimento para o setor [8]. Esse cenário reforça a necessidade de políticas públicas mais efetivas, incentivo ao uso de materiais reciclados e ampliação da infraestrutura de reciclagem [8].

Diante desse cenário, este trabalho tem como objetivo analisar as condições operacionais, os desafios e as práticas de gestão relacionadas à operação de uma usina de reciclagem de RCC Classe A, contribuindo para a compreensão de seu potencial para a gestão sustentável de resíduos da construção civil.

METODOLOGIA

A pesquisa caracteriza-se como qualitativa, de natureza exploratória e descritiva, adotando o estudo de caso como estratégia metodológica. O objeto de análise foi uma usina de reciclagem de resíduos da construção civil (RCC) Classe A, localizada em Fortaleza (CE), com o objetivo de compreender suas práticas operacionais, desafios e aspectos de gestão sustentável de resíduos da construção civil.

Adicionalmente, a pesquisa foi estruturada em duas etapas metodológicas complementares: (i) levantamento teórico por meio de revisão da literatura e (ii) estudo empírico de campo, permitindo triangulação dos dados e maior robustez analítica.

A coleta de dados foi realizada por meio de entrevistas semiestruturadas e observação direta. As entrevistas envolveram dois informantes-chave (engenheiro/gestor e encarregado), totalizando 35 minutos, com base em roteiro estruturado em quatro blocos temáticos: (i) caracterização da usina, escopo de atuação e licenciamento ambiental; (ii) operação e logística, incluindo volume processado, produção, controle de qualidade e manutenção; (iii) desafios operacionais e inovações, abordando mercado, parcerias e limitações técnicas; e (iv) sustentabilidade e perspectivas futuras, contemplando viabilidade econômica, uso de tecnologias e estratégias de crescimento.

Os dados foram registrados por meio de anotações sistemáticas durante as entrevistas e observação de campo, sendo posteriormente organizados e categorizados conforme os eixos temáticos definidos no roteiro, garantindo maior rastreabilidade e rigor analítico.

A observação direta na usina permitiu validar as informações coletadas e compreender aspectos físicos e operacionais da usina, como infraestrutura, fluxo de materiais e organização produtiva. A combinação dos instrumentos garantiu dados consistentes e confiáveis para a análise do estudo de caso.

No que se refere à fundamentação teórica, foi realizada uma revisão bibliográfica, com base em artigos científicos e normas técnicas relacionados à gestão de RCC, permitindo sustentar teoricamente a análise do estudo de caso.

A usina de reciclagem de RCC Classe A em estudo está localizada em Fortaleza (CE) e atua no recebimento, processamento e transformação de resíduos em agregados reciclados, utilizados em pavimentação, concretos não estruturais e obras de infraestrutura. Fundada em 2018, a empresa opera conforme a legislação ambiental vigente, atendendo às diretrizes da Resolução CONAMA nº 307/2002.

Com cerca de 60 funcionários, a usina apresenta produção média de aproximadamente 500 m³ de resíduos por dia, dispondo de estrutura com britadores e esteiras para beneficiamento dos materiais. Além da reciclagem, a empresa oferece serviços complementares, como terraplanagem, pavimentação e locação de equipamentos, garantindo maior sustentabilidade econômica do negócio. A usina recebe predominantemente resíduos de obras privadas e desempenha papel

relevante na promoção da economia circular, ao viabilizar o reaproveitamento de materiais e reduzir o descarte irregular no município.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados do estudo de caso foram organizados a partir dos eixos temáticos do questionário aplicado, permitindo uma análise estruturada das práticas operacionais, gerenciais e estratégicas da usina de reciclagem de resíduos da construção civil em Fortaleza, descritos nos subtópicos a seguir.

CARACTERIZAÇÃO, ESCOPO E LICENCIAMENTO

A monetização do modelo de negócios e o portfólio de produtos da usina estudada são detalhados na Figura 1, que evidencia a dupla captação de recursos por meio do recebimento de resíduos brutos e dos preços de venda dos agregados reciclados

Figura 1: Política de preços para comercialização de agregados e recebimento de RCC

TABELA DE PREÇOS TONELADA				
MATERIAIS	Tonelada	Densidade	Com transporte	Sem transporte
Rachão	1	1,40	R$ 60,00	R$ 45,00
Pó de Pedra	1	1,20	R$ 70,00	R$ 55,00
Brita 0	1	1,20	R$ 75,00	R$ 60,00
Brita 1	1	1,20	R$ 75,00	R$ 60,00
BGS para Base	1	1,40	R$ 60,00	R$ 45,00
BGS para Sub-Base	1	1,40	R$ 45,00	R$ 30,00
Bota Fora	1	1,40	R$ 30,00	R$ 15,00
Aterro	1	1,40	R$ 35,00	R$ 20,00

TABELA DE PREÇOS VOLUME				
MATERIAIS	Vol	Densidade	Com transporte	Sem transporte
Rachão	1 m³	1,40	R$ 83,00	R$ 63,00
Pó de Pedra	1 m³	1,20	R$ 85,00	R$ 65,00
Brita 0	1 m³	1,20	R$ 90,00	R$ 70,00
Brita 1	1 m³	1,20	R$ 90,00	R$ 70,00
BGS para Base	1 m³	1,40	R$ 83,00	R$ 63,00
BGS para Sub-Base	1 m³	1,40	R$ 62,00	R$ 42,00
Bota Fora	1 m³	1,40	R$ 40,00	R$ 20,00
Aterro	1 m³	1,40	R$ 48,00	R$ 28,00

TABELA DE PREÇOS RECEBIMENTO VOLUME				
MATERIAIS	Vol	Densidade	Com transporte	Sem transporte
Escavação	1 m³	1,40	-	R$ 10,00
Demolição	1 m³	1,50	-	R$ 20,00

TABELA DE PREÇOS RECEBIMENTO TONELADA				
MATERIAIS	Vol	Densidade	Com transporte	Sem transporte
Escavação	1 Ton	1,40	-	R$ 7,14
Demolição	1 Ton	1,50	-	R$ 13,33

Fonte: Arquivo da usina em estudo.

No que tange ao histórico e escopo operacional, a usina está ativa desde 2018 no processamento de RCC Classe A para produção de agregados reciclados, a usina diversifica sua receita com serviços complementares de demolição, terraplanagem, pavimentação e locação de máquinas, fortalecendo sua sustentabilidade financeira. Operacionalmente, os processos seguem a NBR 15114:2004 para garantir a padronização e qualidade do material. A gestão ambiental realiza monitoramento contínuo por aspersão de água para controle de poeira e manutenção dos níveis de ruído.

A partir desse contexto, a dinâmica do negócio fundamenta-se em uma rede interligada de agentes privados e públicos:

- Agentes Geradores e Compradores (Privados): Grandes construtoras locais demandam três modalidades de serviços: (i) demolição com remoção e destinação do entulho; (ii) corte e terraplanagem com destinação do solo excedente; e (iii) coleta contínua de RCC dos canteiros de obras. Essas mesmas empresas atuam como compradoras dos agregados reciclados, cuja portfólio de preços são detalhados na Figura 1.
- Agentes Públicos (Regulação e Fiscalização): O licenciamento da atividade e a aprovação dos Planos de Gerenciamento (PGRCC) ocorrem via Secretaria Municipal de Urbanismo e Meio Ambiente (SEUMA) e Superintendência Estadual do Meio Ambiente (SEMACE). Já a fiscalização do fluxo e do transporte é validada por Manifestos de Transporte de Resíduos (MTR), controlados pela Agência de Fiscalização de Fortaleza (AGEFIS) e pela Secretaria Municipal da Conservação e Serviços Públicos (SCSP) para coibir descartes clandestinos.

Operação, logística e produto

A usina apresenta layout funcional, com mais de um hectare, organizado em setores de triagem, britagem, peneiramento e estocagem, garantindo fluxo produtivo contínuo e eficiente. Destaca-se o uso de soluções técnicas adaptadas à realidade operacional, com equipamentos parcialmente desenvolvidos para atender às características dos resíduos processados.

Um diferencial relevante é a utilização de materiais reaproveitados na própria infraestrutura, como esteiras e estruturas metálicas, resultando em cerca de 90% dos componentes oriundos de sucata. Essa prática reduziu custos de implantação, minimiza o uso de recursos naturais e reforça a aplicação dos princípios da economia circular (Figura 2).

A usina processa aproximadamente 500 m³/dia, embora receba apenas cerca de 5% dos resíduos gerados em Fortaleza, evidenciando significativo potencial de expansão. O beneficiamento envolve triagem, britagem e classificação granulométrica, gerando agregados reciclados como britas (Figura 3), areia e brita graduada simples (BGS), aplicados em pavimentação e obras de infraestrutura.

Figura 2: Linha de beneficiamento fabricada com componentes de sucata



Fonte: autoras.

Figura 3: Pátio de estocagem com material britado (Brita 1)



Fonte: autoras.

A área de estocagem é organizada para garantir a separação dos materiais e preservar suas características. Mesmo sem cobertura, há controle logístico e drenagem para minimizar impactos climáticos. A produção ocorre sob demanda, otimizando o uso do espaço e reduzindo perdas.

A gestão da produção é dinâmica e adaptada à demanda do mercado local, considerando a sazonalidade das obras em Fortaleza. Durante o período chuvoso, há maior demanda por agregados como rachão e brita, utilizados em drenagem e estabilização de vias. Já nos períodos secos, a produção se direciona para agregados utilizados em obras próprias e na fabricação de pré-moldados. Esse planejamento contribui para a otimização dos estoques, evitando acúmulo de materiais e perdas por deterioração.

Apesar das vantagens econômicas e ambientais do uso de materiais reaproveitados, essa estratégia exige um sistema rigoroso de manutenção. A usina realiza manutenções preventivas frequentes, definidas conforme a intensidade de uso dos equipamentos, além de intervenções corretivas quando necessário. Esse controle técnico é essencial para garantir a continuidade das operações e a segurança do processo produtivo.

A qualidade dos agregados reciclados é assegurada por meio de ensaios laboratoriais periódicos, que avaliam propriedades como granulometria e resistência mecânica, comprovando desempenho compatível com os materiais naturais. Complementarmente, a usina adota práticas de gestão que incluem rastreabilidade dos resíduos por meio de controle de transporte, monitoramento ambiental das operações (poeira, ruído e efluentes) e treinamento contínuo dos colaboradores. A rotatividade das equipes entre os setores operacionais também contribui para maior eficiência e conhecimento técnico dos processos.

Nesse contexto, observa-se que a integração entre inovação tecnológica, gestão eficiente e práticas sustentáveis permite à usina não apenas reduzir impactos ambientais, mas também consolidar um modelo operacional competitivo e alinhado às demandas contemporâneas da construção civil.

DESAFIOS OPERACIONAIS E INOVAÇÃO

Os resultados evidenciam que, apesar dos avanços operacionais e tecnológicos, a usina enfrenta desafios estruturais que limitam a ampliação de sua atuação. Um dos principais entraves está relacionado à baixa integração com o poder público municipal, o que restringe o volume de resíduos recebidos. Embora Fortaleza gere aproximadamente 5.000 toneladas diárias de resíduos da construção civil, apenas cerca de 10% desse montante é direcionado à usina, indicando falhas nos sistemas de coleta, fiscalização e destinação adequada.

Outro desafio relevante refere-se à resistência do mercado quanto ao uso de agregados reciclados. Mesmo com comprovação técnica de desempenho semelhante aos materiais naturais, ainda há desconfiança por parte de construtoras e profissionais do setor, o que limita a demanda e a consolidação desses produtos no mercado. Esse fator evidencia a necessidade de maior disseminação de informações técnicas, certificações e incentivos que promovam a aceitação desses materiais.

Do ponto de vista operacional, destacam-se dificuldades logísticas relacionadas ao transporte e à triagem dos resíduos, especialmente diante da heterogeneidade dos materiais recebidos e da presença de contaminantes. Além disso, o uso de equipamentos desenvolvidos a partir de sucata, embora represente uma solução economicamente viável e ambientalmente sustentável, exige um rigoroso plano de manutenção preventiva, aumentando a necessidade de controle técnico e acompanhamento constante das operações.

Apesar desses desafios, a usina demonstra forte capacidade de inovação. Um dos principais destaques é o desenvolvimento do Ecopaver, produto sustentável elaborado a partir da substituição parcial de agregados naturais por reciclados, em

parceria com instituição de ensino superior. Ensaios técnicos indicam desempenho mecânico equivalente aos materiais convencionais, além de redução de custos de produção, evidenciando sua viabilidade econômica e ambiental.

Adicionalmente, a empresa adota tecnologias móveis, como britador móvel e concha peneira, que permitem a realização do beneficiamento diretamente no local de geração dos resíduos. Essa estratégia reduz custos logísticos, otimiza o tempo de processamento e amplia a eficiência operacional. A atuação integrada, que inclui desde a demolição até o reaproveitamento dos resíduos, reforça a aplicação prática dos princípios da economia circular.

Nesse contexto, observa-se que, embora existam barreiras institucionais, culturais e operacionais, a inovação tecnológica e a articulação com instituições de pesquisa configuram-se como caminhos promissores para a superação desses desafios. A ampliação dessas iniciativas, aliada a políticas públicas mais efetivas, pode impulsionar significativamente o setor de reciclagem de resíduos da construção civil.

SUSTENTABILIDADE E PERSPECTIVAS FUTURAS

A gestão da usina de RCC é estruturada a partir de uma logística integrada, que permite o acompanhamento de todas as etapas do ciclo dos resíduos, desde sua geração até o processamento e reinserção na cadeia produtiva. Essa abordagem possibilita o fechamento do ciclo da construção civil, reduzindo a extração de recursos naturais e minimizando o volume de resíduos destinados a aterros, alinhando-se aos princípios da economia circular e da sustentabilidade.

A viabilidade econômica do modelo adotado é reforçada por práticas de gestão inovadoras. Além da utilização de aproximadamente 90% de sucata na construção de sua própria infraestrutura, a adoção de energia solar contribui para a diminuição dos custos fixos operacionais, tornando o empreendimento mais eficiente do ponto de vista econômico e ambiental.

De modo geral, os resultados evidenciam que, embora a usina apresente práticas consolidadas e alinhadas aos princípios da economia circular, ainda existem desafios estruturais e institucionais que limitam a expansão do setor. Assim, o fortalecimento da articulação entre setor público, iniciativa privada e academia mostra-se fundamental para ampliar a escala da reciclagem e promover maior sustentabilidade na construção civil.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente realizou o diagnóstico operacional e mapeou os desafios de uma usina de uma usina de reciclagem de resíduos da construção civil Classe A em Fortaleza, evidenciando as dinâmicas e gargalos dessa atividade no contexto urbano. O problema central identificado consiste no paradoxo entre o elevado volume de resíduos gerados pelo setor e as barreiras que limitam o pleno desenvolvimento e consolidação da reciclagem em escala municipal. Diante disso, o diagnóstico revelou que a unidade estudada apresenta uma estrutura de processamento eficiente, adoção de práticas

alinhadas à economia circular, conformidade com a legislação vigente e adoção de soluções sustentáveis, como o reaproveitamento de sucata na infraestrutura e a utilização de energia solar.

Entretanto, foram identificados entraves significativos que alimentam esse problema, como a baixa aceitação do mercado em relação aos agregados reciclados, limitações logísticas — especialmente em períodos chuvosos — e a reduzida integração com o poder público, refletida no baixo percentual de resíduos efetivamente destinados à usina. Esses fatores restringem a ampliação da reciclagem e evidenciam a necessidade de políticas públicas mais efetivas e de maior articulação institucional.

Apesar dessas limitações, iniciativas de inovação, como o desenvolvimento de produtos sustentáveis em parceria com instituições de ensino, demonstram o potencial técnico e prático dos materiais reciclados, contribuindo para a superação de barreiras culturais e tecnológicas no setor.

Como contribuição acadêmica, o estudo amplia a compreensão sobre a gestão de resíduos da construção civil em contextos urbanos brasileiros, oferecendo evidências empíricas sobre os desafios e potencialidades da reciclagem de RCC. Do ponto de vista prático, os resultados fornecem subsídios para a tomada de decisão por gestores públicos e privados, indicando caminhos para a melhoria da gestão, como o fortalecimento de parcerias público-privadas, incentivos ao uso de materiais reciclados e otimização da logística de resíduos.

Por fim, conclui-se que a consolidação da reciclagem de RCC depende da integração entre inovação tecnológica, gestão eficiente e políticas públicas estruturadas, sendo fundamental para a promoção da sustentabilidade urbana e o desenvolvimento do setor da construção civil.

DECLARAÇÃO

Os autores declaram que utilizaram ferramentas de inteligência artificial generativa e tecnologias assistidas por IA apenas como apoio à preparação do manuscrito. Durante a elaboração deste artigo, o segundo autor utilizou a ferramenta ChatGPT para aprimorar a coesão textual e reduzir a extensão de alguns parágrafos, a fim de atender ao limite de palavras estabelecido pelo template do evento. Após a utilização da ferramenta, os autores revisaram, editaram e validaram todo o conteúdo do manuscrito, assumindo integral responsabilidade pelo artigo publicado.

REFERÊNCIAS

[1] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA RECICLAGEM DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL E DEMOLIÇÃO (ABRECON). **Panorama da reciclagem de resíduos da construção e demolição no Brasil – 2024**. São Paulo: ABRECON, 2024.

[2] PASCHOALIN FILHO, J. A. et al. Usinas de reciclagem de entulho e os entraves existentes no setor da construção civil: uma pesquisa exploratória. **Exacta – Engenharia de Produção**, v. 19, n. 1, p. 52-72, jan./mar. 2021. DOI: https://doi.org/10.5585/exactaep.v19n1.10318

[3] PAULINO, R. S. et al. Atualização do cenário da reciclagem de resíduos de construção e demolição no Brasil: 2008–2020. **Ambiente Construído**, v. 23, n. 3, p. 83-97, jul./set. 2023. DOI: https://doi.org/10.1590/s1678-86212023000300677

[4] GULARTE, L. C. P. et al. Modelo de avaliação da viabilidade econômico-financeira da implantação de usinas de reciclagem de resíduos da construção civil em municípios brasileiros. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 25, n. 2, p. 281-291, mar./abr. 2020. DOI: https://doi.org/10.1590/S1413-41522020193153

[5] BRUM, E. M. et al. Aspectos econômicos, sociais e ambientais da sustentabilidade de uma usina de reciclagem de resíduos de construção civil. **Gestão & Produção**, v. 28, n. 3, e5120, 2021. DOI: https://doi.org/10.1590/1806-9649-2021v28e5120

[6] NICOLAU, M. F. et al. Estudo da viabilidade econômica de uma usina de reciclagem de RCC Classe-A para municípios de pequeno porte. **Caderno Pedagógico**, v. 21, n. 6, e5251, jun. 2024. DOI: https://doi.org/10.54033/cadpedv21n6-272

[7] GEISSDOERFER, M. et al. The circular economy: a new sustainability paradigm? **Journal of Cleaner Production**, v. 143, p. 757-768, feb. 2017. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048

[8] DA SILVA CUNHA, K. et al. Resíduos sólidos na construção civil no Brasil. **Revista de Gestão e Secretariado**, v. 14, n. 6, p. 8671-8692, jun. 2023. DOI: https://doi.org/10.7769/gesec.v14i6.2255