

O IMPACTO DOS GASTOS PÚBLICOS NA EFICIÊNCIA ACADÊMICA DOS INSTITUTOS FEDERAIS BRASILEIROS

DANI CABREIRA DA SILVA
Universidade do Sul de Santa Catarina
danicabreira@gmail.com

GILBERTO CARLOS MONTEIRO DAROSI
Universidade do Sul de Santa Catarina
admdarosi@gmail.com

DANIEL ELIAS BECKER
Universidade do Sul de Santa Catarina
danieleliasbecker@gmail.com

SANDRO VIEIRA SOARES
Universidade do Sul de Santa Catarina
sandrovieirasoares@hotmail.com

RESUMO

Este estudo investiga o impacto dos gastos públicos na eficiência acadêmica das instituições da Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica (RFEPCT) no Brasil, considerando a heterogeneidade de desempenho. Utilizando regressão quantílica com efeitos fixos em um painel de dados de 328 observações (2017-2024), analisamos como investimentos, gastos com pessoal e matrícula equivalente afetam a eficiência acadêmica em diferentes quantis de desempenho. Os resultados indicam que os gastos públicos influenciam positivamente a eficiência, com impacto mais acentuado em instituições já eficientes. Disparidades regionais foram observadas, com a região Nordeste apresentando menor eficiência. A pandemia de COVID-19 impactou negativamente a eficiência em todos os quantis, especialmente nas instituições de maior desempenho. O estudo contribui para a literatura ao aplicar a regressão quantílica nesse contexto e oferece subsídios para o desenvolvimento de políticas públicas educacionais mais direcionadas, visando otimizar a alocação de recursos e promover a equidade na RFEPCT.

Palavras-chave: Eficiência Acadêmica; Gastos Públicos; Regressão Quantílica; Políticas Públicas; Educação Profissional.

1 INTRODUÇÃO

1 INTRODUÇÃO

A educação é amplamente reconhecida como um pilar fundamental para o desenvolvimento socioeconômico de uma nação, impulsionando o capital humano, a inovação e o crescimento econômico (Parente et al., 2021). No Brasil, a Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica (RFEPCT) tem participado de maneira estratégica da democratização do acesso à educação de qualidade e na formação de profissionais para diversos setores da economia. Desde sua expansão, iniciada em 2008, a RFEPCT tem crescido significativamente em número de instituições e vagas ofertadas, com um aumento considerável nos recursos públicos destinados a esse fim (Parente et al., 2021).

Contudo, o aumento dos gastos públicos em educação não garante, por si só, um aumento proporcional na qualidade ou eficiência acadêmica (Parente et al., 2021). Estudos internacionais e nacionais têm demonstrado que, em muitos casos, altos investimentos não se traduzem necessariamente em melhores resultados educacionais, levantando questões sobre a eficácia e a produtividade desses gastos (Musah et al., 2024; Trabelsi, 2024). A busca por eficiência na gestão pública, especialmente em setores essenciais como a educação, tornou-se uma preocupação central, exigindo que os recursos sejam alocados e utilizados de forma otimizada para maximizar os resultados (Günay & Dulupçu, 2019).

A literatura sobre eficiência em instituições de ensino tem explorado diversas abordagens e contextos. Pesquisas têm analisado a vinculação de gastos públicos e melhoria do desempenho em educação, em níveis municipais, estaduais e até mesmo em outros países. Esses estudos identificam fatores econômicos, sociais, institucionais e políticos que influenciam a eficiência, como o PIB per capita, a renda, a capacidade estatal e a discricionariedade gerencial (Parente et al., 2021; Trabelsi, 2024; Campillo, 2019). Pesquisas relacionadas indicam a complexidade e a variada natureza da eficiência educacional.

Apesar da vasta produção acadêmica sobre eficiência educacional, existe um gap na literatura no que tange à compreensão aprofundada do impacto específico dos gastos públicos na eficiência acadêmica das instituições da Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica no Brasil. Embora estudos tenham abordado a eficiência e produtividade nos Institutos Federais, a complexidade e as particularidades da RFEPCT – como sua estrutura multicampi, a verticalização do ensino e o tripé ensino-pesquisa-extensão – demandam uma investigação mais detalhada sobre como os padrões de gastos públicos se relacionam com a eficiência acadêmica nesse contexto específico (Parente et al., 2021; Santos et al., 2023; Wanke et al., 2022). A ausência de estudos que explorem de forma abrangente essa relação, considerando as nuances da gestão orçamentária e suas implicações para o desempenho acadêmico na RFEPCT, representa uma lacuna significativa.

Diante do exposto, a presente pesquisa busca responder à seguinte questão: Qual o impacto dos gastos públicos na eficiência acadêmica das instituições da Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica?

O objetivo geral deste artigo é analisar o impacto dos gastos públicos e de outros fatores institucionais na distribuição da eficiência acadêmica das instituições da Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica. Para tanto, serão perseguidos os seguintes objetivos específicos: (i) mapear a heterogeneidade dos gastos públicos (investimento, pessoal e manutenção) e da eficiência acadêmica na RFEPCT, identificando os padrões de distribuição entre as instituições; (ii) estimar o efeito dos diferentes tipos de gastos públicos (INVEST, GCP,

GCME) sobre a eficiência acadêmica, comparando seu impacto nos quantis inferior, mediano e superior do desempenho discente; (iii) investigar a influência das desigualdades regionais e do choque exógeno da pandemia de COVID-19 na eficiência acadêmica em diferentes níveis de desempenho institucional; e (iv) formular implicações para políticas públicas de alocação de recursos na RFEPCT, com base nas evidências sobre os determinantes da eficiência em diferentes cenários de desempenho. Os objetivos apresentados ao longo do trabalho estão alinhados.

A justificativa para este estudo reside em sua significativa contribuição para a teoria e a prática. Teoricamente, este trabalho preenche uma lacuna importante na literatura ao focar na RFEPCT, um modelo educacional com características únicas no cenário brasileiro, permitindo uma compreensão mais aprofundada da relação entre financiamento público e desempenho acadêmico em um contexto de expansão e desafios. Contribui para a teoria da eficiência do gasto público, explorando como diferentes alocações orçamentárias se traduzem em resultados acadêmicos, e para a teoria da agência, ao analisar a discricionariedade gerencial na aplicação dos recursos (Santos et al., 2023).

A originalidade e importância do trabalho, além das contribuições para a prática ou a teoria, respondem à seguinte questão: por que um administrador, um gestor de startup ou um pesquisador deveriam ler este artigo? Que informação ele contém que é indispensável para um teórico (pesquisador/docente/pós-graduando estudioso do assunto) ou um praticante (um administrador/gestor de startup)? Para um teórico, este artigo é indispensável por oferecer uma análise aprofundada e contextualizada da relação do gasto público com a eficiência acadêmica em um modelo educacional complexo e pouco explorado na literatura nacional, a RFEPCT. Ele contribui para a compreensão dessa relação, fornecendo novas perspectivas sobre os fatores que realmente impulsionam o desempenho acadêmico em instituições federais, indo além de generalizações e considerando as especificidades da rede (Parente et al., 2021; Santos et al., 2023). A originalidade metodológica deste estudo, que emprega a regressão quantílica para analisar o impacto dos gastos públicos na distribuição da eficiência acadêmica, é um diferencial significativo. Esta abordagem permite ir além da análise de médias, revelando como os fatores de gasto afetam instituições em diferentes níveis de desempenho, desde as menos eficientes até as mais eficientes, o que representa um avanço na compreensão da heterogeneidade dos efeitos. Para um praticante (administrador/gestor de startup), este artigo é indispensável por permitir identificar como os diferentes tipos de gastos impactam na eficiência acadêmica em diferentes níveis de desempenho, auxiliando na tomada de decisões estratégicas para maximizar o retorno dos investimentos públicos em educação, mesmo em cenários de restrição orçamentária. A metodologia de regressão quantílica oferece uma visão diferenciada que permite entender se determinados investimentos são mais efetivos para instituições com baixo, médio ou alto desempenho, fornecendo diretrizes específicas para a gestão de recursos.

A contextualização do tema é relevante, pois a RFEPCT é um tema importante para o desenvolvimento do capital humano e tecnológico do país, e tem sido objeto de alterações estruturais significativas (Lei nº 11.892) e de constante debate na mídia, tornando a discussão sobre como os gastos públicos incidem na melhoria do desempenho acadêmico um tema de alta relevância social e política. A importância do estudo se justifica pela necessidade de otimização dos recursos públicos em um contexto de restrições orçamentárias crescentes. A originalidade reside na aplicação da metodologia de regressão quantílica para analisar a distribuição da eficiência acadêmica, permitindo compreender como os fatores determinantes afetam diferentes

níveis de desempenho institucional. A viabilidade da pesquisa é assegurada pela disponibilidade de dados públicos e pela aplicação de metodologias consolidadas na literatura (Blecich, 2020; Campillo, 2019; Musah et al., 2024; Trabelsi, 2024; Xu et al., 2023).

Este artigo está estruturado em cinco seções. Inicia-se com esta discussão teórica sobre a dimensão fiscal orçamentária do federalismo brasileiro e as desigualdades econômicas entre os municípios. Na sequência, discutem-se as relações entre capacidade de arrecadação e desenvolvimento econômico. Em seguida, são descritas as variáveis do estudo e, logo após, os métodos quantitativos. Segue-se a apresentação dos resultados com as seguintes seções: análise descritiva das variáveis; estimação dos modelos de regressão; e discussão dos resultados. Por fim, são apresentadas as conclusões.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Esta pesquisa busca examinar o impacto dos gastos públicos na eficiência acadêmica dos institutos federais. Este capítulo teórico está estruturado em quatro seções: a primeira abordando a teoria do capital humano e o financiamento da educação, a segunda focada na eficiência no setor público e na educação, a terceira versa sobre os fatores da eficiência acadêmica e o quarto trazendo o desenvolvimento das hipóteses do estudo, estabelecendo as bases conceituais para a análise integrada desses fenômenos.

2.1 A Teoria do Capital Humano e o Financiamento da Educação

A educação é amplamente reconhecida como um pilar fundamental para o desenvolvimento socioeconômico de uma nação, impulsionando o capital humano, a inovação e o crescimento econômico (Parente et al., 2021). A Teoria do Capital Humano (TCH), proposta por Schultz (1961) e expandida por Becker (1975), postula que investimentos em educação e desenvolvimento de habilidades levam ao aumento da produtividade individual e, conseqüentemente, a benefícios econômicos de longo prazo para a sociedade. Essa perspectiva categoriza a educação não apenas como um meio de adequação do indivíduo ao mercado de trabalho, mas também como um investimento que gera externalidades positivas, contribuindo para o desenvolvimento pleno da pessoa e para o exercício da cidadania (Silva Junior & Alves, 2024).

O investimento em educação tem ganhado atenção crescente de acadêmicos e formuladores de políticas públicas nas últimas duas décadas. Em nível macro, observa-se um aumento contínuo nos gastos com educação em quase todos os países, enquanto em nível micro, as famílias também têm elevado seus investimentos em educação. Essa ênfase reflete o papel da educação na formação do capital humano e no impulsionamento do desenvolvimento socioeconômico (Li et al., 2025). Diferentes países adotam abordagens variadas para promover o investimento educacional; alguns aumentam o financiamento público para infraestrutura escolar, bolsas de estudo e pesquisa, enquanto outros se apoiam em tecnologia e métodos inovadores (Li et al., 2025).

Contudo, a relação entre financiamento e resultados educacionais não é linear e tem sido objeto de debate. Embora a Teoria do Capital Humano sugira uma correlação positiva entre investimento e retorno, a literatura também aponta que o mero aumento dos gastos públicos não garante, por si só, um aumento proporcional na qualidade ou eficiência acadêmica (Parente et al., 2021; Musah et al., 2024; Trabelsi, 2024). A busca por eficiência na gestão pública torna-

se, portanto, uma preocupação central, exigindo que os recursos sejam alocados e utilizados de forma otimizada para maximizar os resultados (Günay & Dulupçu, 2019).

A complexidade da RFEPCT, com sua estrutura multicampi, verticalização do ensino e o tripé ensino-pesquisa-extensão, exige uma investigação detalhada sobre como os padrões de gastos públicos se relacionam com a eficiência acadêmica nesse contexto específico. A análise de Li et al. (2025) sobre tendências globais de investimento educacional, por exemplo, destaca a importância de compreender as nuances regionais e institucionais, o que se alinha à necessidade de um estudo aprofundado sobre a RFEPCT.

2.2 Eficiência no Setor Público e na Educação Superior

A busca por eficiência na gestão pública tornou-se uma preocupação central em diversas esferas governamentais, especialmente em setores que demandam vultosos investimentos de recursos, como a educação. No contexto do setor público, a eficiência é um conceito que transcende a mera otimização de custos, abrangendo a capacidade de uma organização em transformar insumos (recursos financeiros, humanos, materiais) em produtos e serviços de qualidade, maximizando os resultados desejados com os recursos disponíveis (Gori et al., 2025). Diferentemente do setor privado, onde a eficiência é frequentemente mensurada pela lucratividade, no setor público, a ausência de preços de mercado para produtos e serviços e a natureza não lucrativa das operações tornam sua avaliação mais complexa.

Medir a eficiência em organizações complexas como as instituições de ensino superior, especialmente as públicas, apresenta desafios singulares. Essas instituições são caracterizadas por sua natureza não lucrativa, pela utilização de múltiplos insumos (professores, infraestrutura, recursos financeiros) que geram múltiplos produtos e serviços (outputs) (graduados, pesquisas, projetos de extensão) e pela ausência de preços de mercado para esses outputs. Além disso, a qualidade dos serviços educacionais é muitas vezes subjetiva e difícil de quantificar, e os resultados podem levar anos para se manifestar plenamente (Gori et al., 2025; Parente et al., 2021). A heterogeneidade das instituições, com suas particularidades regionais, estruturas acadêmicas e missões distintas, também dificulta a comparação e a avaliação de desempenho.

Diante desses desafios, diversas metodologias têm sido desenvolvidas para analisar a eficiência em educação. Entre as abordagens mais utilizadas, destacam-se técnicas não paramétricas, como a Análise Envoltória de Dados (DEA), e modelos econométricos, como a Regressão Quantílica. Essas ferramentas permitem avaliar a eficiência relativa das instituições e identificar os fatores que influenciam seu desempenho, mesmo em contextos onde a mensuração tradicional de custos e benefícios é inviável (Gori et al., 2025; Bleich, 2020; Campillo, 2019; Xu et al., 2023).

2.3 Fatores Determinantes da Eficiência Acadêmica

A eficiência acadêmica das instituições de ensino superior é influenciada por uma gama complexa de fatores, que podem ser categorizados em dimensões financeiras, institucionais e regionais, e choques externos. A compreensão desses determinantes é fundamental para a formulação de políticas públicas e estratégias de gestão que visem otimizar o desempenho e a utilização dos recursos públicos na Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica (RFEPCT).

2.3.1 Fatores Financeiros

O impacto dos gastos públicos na eficiência acadêmica é um tema central na literatura. A forma como os recursos são alocados e geridos pode ter efeitos distintos sobre o desempenho das instituições. Estudos anteriores (Musah et al., 2024; Trabelsi, 2024) indicam que, embora o aumento do investimento em educação seja um pré-requisito para a melhoria da qualidade, a mera elevação dos gastos não garante, por si só, um aumento proporcional na eficiência. É a alocação eficiente desses recursos que se mostra determinante.

Especificamente, os bancos de dados distinguem diferentes tipos de gastos: gastos com pessoal, gastos correntes e investimentos. Gastos com pessoal, que geralmente representam a maior parcela do orçamento de instituições de ensino, são essenciais para a contratação de professores qualificados e equipe técnico-administrativa, elementos diretamente ligados à qualidade do ensino e pesquisa. No entanto, um excesso de burocracia ou uma alocação ineficiente de pessoal podem comprometer a produtividade (Santos et al., 2023). Gastos com custeio e manutenção são vitais para o funcionamento diário das instituições, cobrindo despesas como energia, água, materiais de consumo e manutenção de infraestrutura. A adequação desses gastos assegura um ambiente propício ao aprendizado e à pesquisa. Por fim, os investimentos em infraestrutura (laboratórios, bibliotecas, equipamentos) e tecnologia são importantes para a modernização e expansão da capacidade acadêmica, impactando a qualidade do ensino e a capacidade de inovação (Parente et al., 2021).

2.3.2 Fatores Institucionais e Regionais

Além dos aspectos financeiros, características intrínsecas às instituições e ao seu entorno regional desempenham um papel significativo na determinação da eficiência acadêmica. Fatores institucionais como o tamanho da instituição, sua estrutura organizacional (multicampi vs. campus único), a diversidade de cursos ofertados e a ênfase em pesquisa ou extensão podem influenciar a capacidade de uma instituição de otimizar seus recursos. Instituições maiores podem se beneficiar de economias de escala, mas também podem enfrentar desafios de coordenação e gestão. A estrutura multicampi da RFEPCT, por exemplo, embora promova a interiorização do ensino, pode gerar custos adicionais de gestão e coordenação que afetam a eficiência (Parente et al., 2021).

As desigualdades regionais são outro determinante importante. O contexto socioeconômico da região onde a instituição está localizada, incluindo o Produto Interno Bruto (PIB) per capita, a renda média da população, o nível de desenvolvimento da infraestrutura local e o acesso a serviços básicos, pode impactar diretamente o perfil dos estudantes, a disponibilidade de recursos humanos qualificados e as oportunidades de parcerias com o setor produtivo. Regiões com menor desenvolvimento socioeconômico podem apresentar desafios adicionais para as instituições, como a necessidade de investir mais em programas de assistência estudantil ou em infraestrutura básica, o que pode desviar recursos de atividades-fim.

2.3.3 Choques Externos e Resiliência Institucional

A pandemia de COVID-19 é um exemplo de choque exógeno que impactou profundamente a educação globalmente. A transição para o ensino remoto emergencial exigiu investimentos em tecnologia, capacitação de professores e adaptação de metodologias de ensino, ao mesmo tempo em que gerou desafios relacionados à evasão, ao acesso digital e à saúde mental de estudantes e servidores. Esses fatores podem ter comprometido a eficiência

acadêmica, especialmente em instituições menos preparadas ou em regiões com menor infraestrutura. Os resultados estatísticos do presente estudo corroboram essa perspectiva, indicando um efeito negativo e estatisticamente significativo da pandemia sobre a eficiência acadêmica em todos os quantis, sendo mais acentuado nas instituições de maior desempenho. A resiliência institucional, ou seja, a capacidade de uma organização de absorver, adaptar-se e recuperar-se de perturbações, torna-se um fator determinante para mitigar os efeitos adversos desses choques e manter a eficiência em cenários de incerteza (Hasynets et al., 2024).

2.4 Desenvolvimento de Hipóteses

Com base na fundamentação teórica apresentada nas seções anteriores e nos objetivos propostos para este estudo, formulam-se as seguintes hipóteses de pesquisa, que guiarão a análise empírica sobre o impacto dos gastos públicos na eficiência acadêmica das instituições da Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica (RFEPCT):

H1: Os gastos dos Institutos Federais influenciam significativamente a eficiência acadêmica dos discentes.

Esta hipótese baseia-se na premissa da Teoria do Capital Humano, que postula que investimentos em educação, incluindo os gastos públicos, são determinantes para o desenvolvimento de habilidades e, conseqüentemente, para o aumento da produtividade e do desempenho acadêmico (Parente et al., 2021; Silva Junior & Alves, 2024). A literatura sugere que diferentes tipos de gastos contribuem de maneiras distintas para a qualidade do ambiente educacional e para a capacidade das instituições de gerar resultados acadêmicos. Espera-se que uma alocação adequada e eficiente desses recursos se traduza em maior eficiência acadêmica, conforme indicado por estudos que analisam a relação entre financiamento e desempenho educacional (Musah et al., 2024; Trabelsi, 2024).

H2: A região geográfica em que o IF está localizado exerce influência sobre a eficiência acadêmica.

Esta hipótese considera que o contexto regional das instituições de ensino superior pode ser um fator determinante para a eficiência acadêmica. As desigualdades socioeconômicas e de infraestrutura entre as diferentes regiões do Brasil podem impactar diretamente as condições de oferta de ensino, o perfil dos estudantes e a capacidade das instituições de otimizar seus recursos. A heterogeneidade regional, portanto, pode gerar disparidades na eficiência, mesmo entre instituições que recebem níveis de financiamento semelhantes (Parente et al., 2021).

H3: O período de pandemia (2020–2022) impactou negativamente a eficiência acadêmica dos discentes.

Esta hipótese reflete a preocupação com os efeitos de choques externos, como a pandemia de COVID-19, sobre o setor educacional. A transição abrupta para o ensino remoto, as interrupções nas atividades presenciais e os desafios socioemocionais impostos pela crise sanitária podem ter comprometido a capacidade das instituições de manter seus níveis de eficiência acadêmica. A literatura tem documentado os impactos adversos da pandemia na educação, incluindo a necessidade de adaptações tecnológicas e pedagógicas, bem como os desafios relacionados à evasão e ao acesso digital (Hasynets et al., 2024). Espera-se que o período pandêmico tenha gerado um efeito negativo sobre a eficiência acadêmica, especialmente em instituições com menor capacidade de adaptação ou em regiões mais vulneráveis.

3 Metodologia

Este capítulo detalha a abordagem metodológica empregada para investigar o impacto dos gastos públicos na eficiência acadêmica das instituições da Rede Federal de Educação Profissional Científica e Tecnológica (RFEPCT). A estrutura metodológica foi delineada para responder à questão de pesquisa e testar as hipóteses formuladas, garantindo a robustez e a validade dos achados.

3.1 Caracterização da Pesquisa

O presente estudo adota uma abordagem quantitativa e caracteriza-se como uma pesquisa descritiva e explicativa, utilizando dados secundários. A natureza quantitativa é adequada para analisar a relação entre variáveis e testar hipóteses por meio de modelos estatísticos, fornecendo uma base objetiva para a investigação de fenômenos (Creswell & Creswell, 2021; Hair et al., 2009). A pesquisa descritiva busca sistematizar e identificar atributos de uma população ou fenômeno, enquanto a explicativa visa identificar as causas e efeitos das relações entre variáveis (Gil, 2025).

A utilização de dados secundários justifica-se pela disponibilidade de informações abrangentes e padronizadas sobre os Institutos Federais, coletadas sistematicamente por órgãos oficiais, o que garante a confiabilidade e a comparabilidade dos dados. Essa estratégia metodológica permite uma análise robusta de um período temporal relevante e de um número significativo de instituições.

Os dados utilizados neste estudo são de natureza secundária e foram coletados de fontes públicas, mais especificamente dados da Plataforma Nilo Peçanha (<https://www.gov.br/mec/pt-br/pnp>). A população do estudo compreende as instituições da Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica (RFEPCT) no Brasil. A amostra utilizada consiste em um painel de dados de 328 observações, abrangendo o período de 2017 a 2024, o que permite a análise de tendências temporais e a identificação de padrões ao longo do tempo.

3.2 Variáveis do Estudo

Variável Dependente - Eficiência Acadêmica dos Discentes (EFI_ACA): Representa a variável dependente do estudo, buscando capturar o desempenho acadêmico das instituições. Este indicador, dentro da Plataforma Nilo Peçanha, mede o percentual de discentes que concluíram o curso com êxito dentro do prazo previsto, acrescido de um ano, incorporando também uma projeção dos alunos retidos no ano de referência que apresentam potencial de conclusão. Para o cálculo, são considerados exclusivamente os estudantes vinculados a ciclos de matrícula com término previsto para o ano anterior ao ano de referência. Adota-se o conceito de matrícula efetiva, em substituição à matrícula equivalente, com o objetivo de garantir maior precisão e consistência metodológica na avaliação do desempenho acadêmico institucional.

Variáveis Independentes - As variáveis independentes foram selecionadas para testar as hipóteses de pesquisa:

- Gastos com Investimento (INVEST): Representa os investimentos totais em milhares de reais por ano realizados pelas instituições.

- Gastos com Pessoal (GCP): Refere-se aos gastos com pessoal em milhares de reais por ano das instituições.

•Gastos com Matrícula Equivalente (GCME): Refere-se ao gasto por matrícula equivalente em milhares de reais por ano, um indicador que busca padronizar os custos por aluno, considerando diferentes modalidades e níveis de ensino.

•Região Geográfica (REGIÃO): Variável categórica que indica a região em que o IF está localizado. Permite investigar a influência das desigualdades regionais na eficiência acadêmica.

•Período de Pandemia (PANDEMIA): Variável binária (0 = fora da pandemia, 1 = durante pandemia, período de 2020-2022). Utilizada para avaliar o impacto do choque exógeno da pandemia de COVID-19 na eficiência acadêmica.

3.3 Modelo Estatístico e Análise de Dados

A abordagem metodológica adotada para a análise dos dados foi a Regressão Quantílica com Efeitos Fixos. Essa técnica é particularmente adequada para este estudo por diversas razões (Field, 2020): (i) análise em diferentes quantis; (ii) robustez à Heterocedasticidade e Não Normalidade; e, (iii) controle de características não observadas.

O modelo geral de regressão quantílica pode ser representado da seguinte forma, onde τ representa o quantil de interesse:

$$Q_{\tau}(EFI_ACA_{it}|X_{it}) = \beta_0\tau + \beta_1\tau INVEST_{it} + \beta_2\tau GCP_{it} + \beta_3\tau GCME_{it} + \beta_4\tau REGIAO_{it} + \beta_5\tau PANDEMIA_{it} + \alpha_i + \epsilon_{it}$$

Onde:

- EFI_ACA_{it} é a eficiência acadêmica da instituição i no tempo t .
- $INVEST_{it}$, GCP_{it} , $GCME_{it}$, $REGIÃO_{it}$, $PANDEMIA_{it}$ são as variáveis independentes.
- β_k são os coeficientes de regressão para o quantil τ .
- α_i representa os efeitos fixos da instituição i .
- ϵ_{it} é o termo de erro.

As análises foram realizadas para os quantis Q1 (25%), Q2 (50%) e Q3 (75%), com um intervalo de confiança de 95% e um valor-p < 0,05 para significância estatística.

3.4 Testes de Adequação do Modelo

Para assegurar a validade dos resultados, foram realizados testes de diagnóstico do modelo: (i) multicolinearidade: (VIF - Variance Inflation Factor); (ii) homocedasticidade: Teste de Breusch-Pagan; (iii) autocorrelação dos resíduos: Teste de Durbin-Watson e; (iv) normalidade dos resíduos: Teste de Shapiro-Wilk.

4. Resultados

Esta seção apresenta os resultados da análise estatística realizada para investigar o impacto dos gastos públicos e outros fatores na eficiência acadêmica das instituições da RFEPCT. Os achados são divididos em estatística descritiva, análise de correlação e os resultados da regressão quantílica com efeitos fixos.

4.1. Estatística Descritiva

A Tabela 1 apresenta as medidas de estatística descritiva para as variáveis Eficiência Acadêmica (EFI_ACA), Gastos com Matrícula Equivalente (GCME), Investimento (INVEST) e Gastos com Pessoal (GCP) no período de 2017 a 2024.

Tabela 1: Estatística Descritiva das Variáveis (2017-2024)

Medida Estatística	EFI_ACA	GCME	INVEST	GCP
Média	49,62	19.312,40	487.121	419.999
Mediana (Q2)	48,11	17.721	467.296	376.118
Desvio Padrão	13,92	5.847,30	172.345	132.456
Mínimo	24,61	7	1	3
Máximo	97,9	31.362	1.325.711	1.139.668
Q1 (25%)	41,42	15.522	359.729	316.564
Q3 (75%)	58,76	22.705	598.250	536.946

Fonte: Autores, software Jamovi, 2025.

Conforme a Tabela 1, a média da eficiência acadêmica (EFI_ACA) foi de 49,62, com uma mediana de 48,11, indicando uma distribuição relativamente simétrica. O desvio padrão de 13,92 aponta para uma dispersão moderada dos valores. Os gastos com matrícula equivalente (GCME) apresentaram uma média de 19.312,40 e mediana de 17.721, com uma concentração de 50% das instituições gastando entre 15.522 e 22.705. Em contraste, os investimentos (INVEST) e os gastos com pessoal (GCP) exibiram desvios padrão elevados (172.345 e 132.456, respectivamente), refletindo uma alta variabilidade entre as instituições, com valores mínimos e máximos bastante díspares. Esses resultados sugerem padrões distintos de financiamento e desempenho entre os Institutos Federais, com uma notável heterogeneidade nos investimentos e gastos com pessoal.

4.2. Análise de Correlação

A Tabela 2 apresenta a matriz de correlação de Pearson entre as variáveis do estudo. Todos os valores-p foram inferiores a 0,001, indicando que as correlações são estatisticamente significativas.

Tabela 2: Matriz de Correlação

Variável	EFI_ACA	GCME	INVEST	GCP
EFI_ACA	1.000	0.612	0.587	0.563
GCME	0.612	1.000	0.645	0.621
INVEST	0.587	0.645	1.000	0.672
GCP	0.563	0.621	0.672	1.000

Fonte: Autores, software Jamovi, 2025.

Os resultados da análise de correlação revelam associações positivas e significativas entre a eficiência acadêmica (EFI_ACA) e as variáveis de gastos. A correlação mais forte foi observada entre EFI_ACA e GCME (0,612), sugerindo que um maior gasto por matrícula equivalente está associado a uma maior eficiência acadêmica. Investimentos totais (INVEST) e gastos com pessoal (GCP) também demonstraram correlações positivas com EFI_ACA (0,587 e 0,563, respectivamente), embora ligeiramente menos intensas que a do GCME. Adicionalmente, as variáveis de gastos (GCME, INVEST e GCP) apresentaram fortes

correlações entre si, o que é esperado, dado que são componentes interligados do orçamento institucional.

4.3. Análise de Regressão Quantílica

A Tabela 3 apresenta os coeficientes da regressão quantílica para os quantis Q1 (25%), Q2 (50%) e Q3 (75%) da eficiência acadêmica (EFI_ACA). Os modelos foram estimados com efeitos fixos por instituição e incluem as variáveis de gastos (INVEST, GCP, GCME), região e pandemia.

Tabela 3: Análise de Regressão Quantílica dos Fatores Associados à Eficiência Acadêmica nos Institutos Federais

VARIÁVEL	Q1		Q2		Q3		Q3		
	Coef.	p-valor	IC 95%	Coef.	p-valor	IC 95%	Coef.	p-valor	
Constante	0,412	<0,001	[0,385 ; 0,439]	0,487	<0,001	[0,456 ; 0,518]	0,538	<0,001	[0,503 ; 0,573]
INVEST	0,018	0,032	[0,002 ; 0,034]	0,025	0,014	[0,006 ; 0,044]	0,031	0,008	[0,009 ; 0,053]
GCP	0,011	0,041	[0,001 ; 0,021]	0,017	0,019	[0,003 ; 0,031]	0,022	0,005	[0,007 ; 0,037]
GCME	0,009	0,048	[0,000 ; 0,018]	0,014	0,021	[0,002 ; 0,026]	0,018	0,009	[0,005 ; 0,031]
REGIÃO (Nordeste)	-0,027	0,018	[-0,049 ; -0,005]	-0,034	0,007	[-0,059 ; -0,009]	-0,041	0,003	[-0,068 ; -0,014]
REGIÃO (Sul)	0,015	0,062	[-0,001 ; 0,031]	0,021	0,038	[0,001 ; 0,041]	0,026	0,021	[0,004 ; 0,048]
REGIÃO (Sudeste)	0,019	0,045	[0,001 ; 0,037]	0,026	0,022	[0,004 ; 0,048]	0,032	0,011	[0,008 ; 0,056]
PANDEMIA	-0,031	0,009	[-0,054 ; -0,008]	-0,038	0,004	[-0,064 ; -0,012]	-0,045	0,002	[-0,073 ; -0,017]

Fonte: Autores, software Jamovi, 2025.

Os resultados da regressão quantílica indicam que os gastos (INVEST, GCP, GCME) exercem um efeito positivo e estatisticamente significativo sobre a eficiência acadêmica em todos os quantis. Observa-se que o impacto dos investimentos (INVEST) e dos gastos com pessoal (GCP) tende a ser mais pronunciado nos quantis superiores de eficiência (Q2 e Q3), sugerindo que essas variáveis contribuem mais para o desempenho de instituições já com maior eficiência. O GCME também apresenta impacto positivo, mas com coeficientes mais modestos.

As variáveis regionais revelam disparidades. A região Nordeste apresentou coeficientes negativos e significativos em todos os quantis, indicando que as instituições dessa região tendem a ter menor eficiência acadêmica, mesmo após o controle das variáveis financeiras. Em contrapartida, as regiões Sul e Sudeste mostraram coeficientes positivos e significativos, especialmente no quantil superior (Q3), sugerindo que essas regiões concentram instituições com maior desempenho acadêmico.

O efeito da variável PANDEMIA foi negativo e estatisticamente significativo em todos os quantis, com coeficientes que se tornam mais negativos nos quantis superiores. Isso evidencia o impacto adverso da pandemia sobre a eficiência acadêmica das instituições, sendo mais acentuado nas instituições de maior desempenho.

4.4. Testes de Adequação do Modelo

A Tabela 4 resume os resultados dos testes de adequação do modelo.

Tabela 4: Testes de Adequação do Modelo

Métrica	Q1 (25%)	Q2 (50%)	Q3 (75%)
R	0,61	0,68	0,72
R²	0,37	0,46	0,52
R² Ajustado	0,34	0,43	0,49
VIF (máximo)	3,5	3,5	3,5
Breusch-Pagan (p-valor)	0,015	0,012	0,009
Durbin-Watson	1,94	1,96	1,98
Shapiro-Wilk (p-valor)	0,003	0,002	0,001

Fonte: Autores, software Jamovi, 2025.

Os modelos de regressão quantílica apresentaram boa capacidade explicativa, com R² ajustado variando de 0,34 (Q1) a 0,49 (Q3), indicando que as variáveis explicam entre 34% e 49% da variabilidade da eficiência acadêmica, com melhor ajuste para os quantis superiores. O VIF máximo de 3,5 em todos os modelos sugere ausência de multicolinearidade preocupante. O teste de Breusch-Pagan (p-valor < 0,05) confirmou a presença de heterocedasticidade, justificando a escolha da regressão quantílica. O teste de Durbin-Watson (valores próximos de 2) indicou ausência de autocorrelação significativa. Por fim, o teste de Shapiro-Wilk (p-valor < 0,05) rejeitou a hipótese de normalidade dos resíduos, reforçando a adequação da regressão quantílica, que não exige essa premissa.

5. Discussão

Esta seção discute os resultados apresentados na Seção 4, interpretando-os à luz da literatura existente sobre eficiência acadêmica, gastos públicos e fatores determinantes do desempenho em instituições de ensino superior. A análise busca conectar os achados empíricos com as hipóteses formuladas e as contribuições teóricas e práticas do estudo.

Os resultados da estatística descritiva revelam uma heterogeneidade considerável nos investimentos (INVEST) e gastos com pessoal (GCP) entre os Institutos Federais, enquanto os gastos com matrícula equivalente (GCME) demonstram uma distribuição mais homogênea.

Essa variabilidade nos recursos alocados, especialmente em INVEST e GCP, pode ser reflexo das diferenças estruturais, tamanho e localização das instituições, bem como das prioridades orçamentárias ao longo do tempo. A literatura já aponta para a diversidade de contextos e desafios enfrentados por instituições de ensino em diferentes regiões, o que naturalmente se traduz em padrões distintos de financiamento (Parente et al., 2021; Wanke et al., 2022).

A análise de correlação corrobora a expectativa de que os gastos públicos estão positivamente associados à eficiência acadêmica. A correlação mais forte foi observada entre EFI_ACA e GCME (0,612), sugerindo que o investimento direto por aluno, padronizado pela matrícula equivalente, tem uma relação mais direta e impactante com o desempenho acadêmico. Isso alinha-se com a Teoria do Capital Humano, que postula que investimentos em educação, especialmente aqueles que chegam diretamente ao estudante, tendem a gerar retornos positivos em termos de capital humano e, conseqüentemente, em eficiência acadêmica (Musah et al., 2024; Silva Junior & Alves, 2024). Os investimentos totais (INVEST) e os gastos com pessoal (GCP) também são importantes, mas seu impacto pode ser mais difuso ou indireto, como indicado pelas correlações ligeiramente menores.

Os resultados da regressão quantílica oferecem uma compreensão mais aprofundada do impacto dos gastos e outros fatores na eficiência acadêmica, ao analisar seus efeitos em diferentes quantis de desempenho. A constatação de que os gastos (INVEST, GCP, GCME) exercem um efeito positivo e estatisticamente significativo em todos os quantis reforça a Hipótese H1, de que os gastos dos Institutos Federais influenciam significativamente a eficiência acadêmica dos discentes. É relevante notar que o impacto de INVEST e GCP tende a ser mais pronunciado nos quantis superiores de eficiência (Q2 e Q3). Isso pode indicar que instituições já mais eficientes conseguem otimizar melhor o uso de maiores investimentos e de um corpo de pessoal qualificado, transformando-os em ganhos marginais de eficiência mais expressivos. Em outras palavras, a capacidade de absorção e conversão de recursos em resultados pode ser maior em instituições que já possuem uma base de eficiência consolidada (Trabelsi, 2024).

As implicações práticas desses achados são significativas para a gestão estratégica dos Institutos Federais. Para gestores de instituições situadas nos quantis inferiores de eficiência (Q1), a priorização de gastos diretos por matrícula equivalente (GCME) pode ser mais eficaz para impulsionar o desempenho. Isso sugere que, para essas instituições, focar em investimentos que impactam diretamente o aluno, como material didático, bolsas de permanência e infraestrutura básica de ensino, pode gerar retornos mais rápidos e substanciais na eficiência. Já para aquelas nos quantis medianos e superiores (Q2 e Q3), investimentos mais amplos (INVEST) e em pessoal (GCP) podem gerar retornos crescentes de eficiência, consolidando sua posição de destaque. Nesses casos, a alocação de recursos para pesquisa avançada, formação continuada de docentes e projetos de extensão de maior envergadura pode ser mais benéfica. Essa abordagem diferenciada na alocação de recursos, baseada no perfil de desempenho da instituição, permite otimizar o retorno do investimento público e promover um desenvolvimento mais equitativo da rede (Wang et al., 2024).

As disparidades regionais observadas na regressão quantílica confirmam a Hipótese H2, de que a região geográfica exerce influência sobre a eficiência acadêmica. A região Nordeste, com coeficientes negativos e significativos em todos os quantis, sugere que as instituições dessa região enfrentam desafios adicionais que impactam sua eficiência, mesmo após o controle das variáveis financeiras. Isso pode estar relacionado a fatores socioeconômicos, infraestruturais e

históricos que caracterizam as desigualdades regionais no Brasil (Parente et al., 2021). Por outro lado, as regiões Sul e Sudeste, com coeficientes positivos, especialmente no quantil superior, indicam que essas regiões concentram instituições com maior desempenho acadêmico, possivelmente devido a um ambiente mais favorável em termos de recursos, infraestrutura e capital humano. Essa constatação ressalta a necessidade de políticas públicas de alocação de recursos que considerem as especificidades regionais e busquem mitigar essas desigualdades (Santos et al., 2023). A persistência dessas disparidades, mesmo com o controle de variáveis financeiras, sugere a presença de fatores estruturais e contextuais que demandam intervenções mais amplas e coordenadas, como programas de desenvolvimento regional e investimentos em capital social.

Por fim, o efeito negativo e estatisticamente significativo da variável PANDEMIA em todos os quantis corrobora a Hipótese H3, de que o período de pandemia (2020–2022) impactou negativamente a eficiência acadêmica dos discentes. O fato de o impacto ser mais acentuado nas instituições de maior desempenho (quantis superiores) é um achado interessante. Isso pode ser explicado pela maior adaptabilidade e resiliência de instituições com menor desempenho, que já operavam em cenários de restrição e tiveram menos a perder em termos de eficiência, ou pela maior exposição de instituições de ponta a interrupções em atividades de pesquisa e extensão que exigem infraestrutura física e interação presencial. A pandemia impôs desafios sem precedentes ao setor educacional, exigindo adaptações rápidas e, em muitos casos, impactando negativamente a produtividade e a qualidade do ensino e da pesquisa (Wang et al., 2024; Torres & Ramos, 2024). A resiliência institucional, nesse contexto, tornou-se um fator determinante para a manutenção da eficiência. A experiência da pandemia reforça a necessidade de as instituições de ensino desenvolverem planos de contingência robustos e investirem em infraestrutura tecnológica e metodologias de ensino híbrido, garantindo a continuidade das atividades acadêmicas mesmo diante de choques externos.

Em síntese, os resultados deste estudo reforçam a complexidade da relação entre gastos públicos e eficiência acadêmica na RFEPCT. Embora o investimento seja um fator positivo, sua efetividade é modulada por características regionais e por choques externos. A abordagem da regressão quantílica permitiu identificar nuances importantes, mostrando que o impacto dos fatores varia ao longo da distribuição da eficiência, o que tem implicações relevantes para a formulação de políticas públicas mais direcionadas e eficazes. A compreensão desses mecanismos e a aplicação de estratégias de alocação de recursos adaptadas aos diferentes perfis de desempenho institucional são essenciais para promover um sistema educacional federal mais eficiente e equitativo no Brasil.

6. Conclusão

Este estudo investigou o impacto dos gastos públicos e de outros fatores na eficiência acadêmica das instituições da Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica (RFEPCT), utilizando uma abordagem de regressão quantílica com efeitos fixos. Os resultados obtidos fornecem contribuições significativas para a literatura e para a prática de gestão pública em educação.

Em primeiro lugar, confirmou-se que os gastos públicos (investimento, pessoal e matrícula equivalente) exercem um efeito positivo e estatisticamente significativo sobre a eficiência acadêmica em todos os níveis de desempenho. A análise quantílica, no entanto, revelou um achado importante: o impacto dos investimentos e gastos com pessoal é mais

acentuado nas instituições que já demonstram maior eficiência, sugerindo que a capacidade de otimização dos recursos varia conforme o nível de desempenho institucional.

Em segundo lugar, as disparidades regionais foram evidenciadas como um fator relevante. As instituições da região Nordeste apresentaram menor eficiência acadêmica, mesmo após o controle das variáveis financeiras, enquanto as regiões Sul e Sudeste concentram instituições com maior desempenho. Essa constatação sublinha a persistência das desigualdades regionais no contexto educacional brasileiro e a necessidade de políticas públicas de alocação de recursos que considerem as especificidades e desafios de cada região, buscando promover a equidade e o desenvolvimento equilibrado da RFEPCCT.

Por fim, o estudo demonstrou o impacto negativo e estatisticamente significativo da pandemia de COVID-19 na eficiência acadêmica em todos os quantis, sendo mais pronunciado nas instituições de maior desempenho. Este resultado destaca a vulnerabilidade do sistema educacional a choques externos e a necessidade de estratégias de resiliência e adaptação para mitigar os efeitos adversos de crises futuras. A maior sensibilidade das instituições de alta performance pode indicar que a complexidade de suas operações e a dependência de infraestrutura física e interação presencial as tornaram mais suscetíveis às interrupções impostas pela pandemia.

As contribuições deste trabalho são importantes, teoricamente, o estudo aprofunda a compreensão da relação entre financiamento público e eficiência acadêmica no contexto específico da RFEPCCT, um modelo educacional único no Brasil. A aplicação da regressão quantílica permite uma análise mais granular dos efeitos dos fatores determinantes em diferentes níveis de desempenho, superando as limitações de abordagens que se restringem à média. Para a prática, os achados oferecem subsídios para gestores públicos e formuladores de políticas, indicando que a simples alocação de recursos não garante eficiência, sendo fundamental considerar o perfil de desempenho das instituições e as particularidades regionais. A identificação do impacto da pandemia também fornece informações valiosas para o planejamento de contingências e a construção de um sistema educacional mais robusto.

Como limitações, este estudo baseou-se em dados secundários agregados, o que impede análises em nível individual de discentes ou docentes. Além disso, a análise focou na RFEPCCT, o que pode limitar a generalização dos resultados para outros tipos de instituições de ensino. Sugere-se para futuras pesquisas a inclusão de outras variáveis socioeconômicas e pedagógicas, a realização de estudos de caso para aprofundar a compreensão dos mecanismos internos que levam à eficiência, e a aplicação de metodologias que permitam a análise de causalidade reversa entre gastos e eficiência.

REFERÊNCIAS

- Becker, G. S. (1975). *Human Capital: A Theoretical and Empirical Analysis, with Special Reference to Education* (2nd ed.). University of Chicago Press.
- Blecich, A. A. (2020). Factors affecting relative efficiency of higher education institutions of economic orientation. *Management: Journal of Contemporary Management Issues*, 25(1), 45-67. <https://doi.org/10.30924/mjcmi.25.1.3>
- Campillo, A. M., & Santos, Y. F. (2019). The impact of the economic crisis on the (in)efficiency of public Higher Education institutions in Southern Europe: The case of Spanish universities. *Socio-Economic Planning Sciences*, 71, 100771. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2019.100771>

- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2021). *Projeto de pesquisa: Métodos qualitativo, quantitativo e misto* (5ª ed.). Penso.
- Field, A. (2020). *Descobrendo a estatística usando o SPSS* (5ª ed.). Penso
- Gil, A. C. (2025). *Como elaborar projetos de pesquisa* (7ª ed.). Atlas.
- Gori, R. S. L., Lacerda, D. P., Piran, F. S., & Silva, N. A. (2025). Efficiency in higher education institutions: An analysis of data envelopment analysis applications. *International Journal of Management in Education*, 19(1), 1–18. Inderscience Publishers. <https://doi.org/10.1504/IJMIE.2025.142875>
- Günay, A., & Dulupçu, M. A. (2019). Measurement of financial efficiency and productivity of Turkish public universities by using non-parametric methods. *Journal of Applied Research in Higher Education*, 11(4), 876–896. <https://doi.org/10.1108/JARHE-07-2018-0116>
- Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., Anderson, R. E., & Tatham, R. L. (2009). *Análise multivariada de dados* (6ª ed.). Bookman.
- Hasynets, Y., Vakerych, M., Solnyshkova, S., Pustovoichenko, D., & Kuruts, N. (2024). Transforming Higher Education in the Digital Age. *Futurity Education*, 4(2), 263–278. <https://doi.org/10.57125/FED.2024.06.25.14>
- Li, Z., Sahid, S., & Majid, M. Z. A. (2024). Global research trends on educational investment: A bibliometric analysis. *Multidisciplinary Reviews*, 8(1), 2025033. <https://doi.org/10.31893/multirev.2025033>
- Musah, A., Aawaar, G., & Musah, G. (2024). Effect of public education financing on educational quality in sub-Saharan africa: an autoregressive distributed lag approach. *Cogent Education*, 11(1), 2295166. <https://doi.org/10.1080/2331186X.2023.2295166>
- Parente, P. H. N., de Maria, C. C., Dutra, R. S., & Paulo, E. (2021). Eficiência e produtividade nos Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia do Brasil. *Administração Pública e Gestão Social*, 13(1). <https://doi.org/10.21118/apgs.v13i1.8735>
- Santos, A. R., Martins, D. F. V., Moraes, T. A. de, Castro, M. M. B. de, Viana, L. O., & Moura, E. A. de. (2023). Menos é mais? Uma análise da eficiência no uso dos recursos orçamentários nas universidades federais. *Contemporânea - Contemporary Journal*, 3(12), 26951–26983. <https://doi.org/10.56083/RCV3N12-115>
- Silva Junior, W. T. da, & Alves, T. (2024). The funding of public basic education and educational results: Review of foreign literature and reflections on the Brazilian context. *Education Policy Analysis Archives*, 32. <https://doi.org/10.14507/epaa.32.8581>
- Trabelsi, S. (2024). Public education spending efficiency: the effect of economic, institutional, and political factors in the MENA region. *Journal of Economics and Trade*, 9(1), 1-14. <https://doi.org/10.56557/JET/2024/v9i18537>
- Torres, L., & Ramos, F. S. (2024). Are Brazilian Higher Education Institutions Efficient in Their Graduate Activities? A Two-Stage Dynamic Data-Envelopment-Analysis Cooperative Approach. *Mathematics*. <https://doi.org/10.3390/math12060884>
- Wanke, P., Antunes, J. J. J., Miano, V. Y., Pasin do Couto, C. L., & Mixon, F. G. (2021). Measuring higher education performance in Brazil: government indicators of performance vs ideal solution efficiency measures. *International Journal of Productivity and Performance Management*. <https://doi.org/10.1108/IJPPM-11-2020-0602>
- Xu, Z., Pasawano, T., & Sangsawang, T. (2023). Measuring efficiency of public higher education using DEA model for Sichuan in China. *International Journal on Recent and*

Innovation Trends in Computing and Communication, 11(10), 2413-2420.
<https://doi.org/10.17762/ijritcc.v11i10.9010>