

Novas Ferramentas de Tecnologia da Informação (TI) auxiliando a Pesquisa Operacional (PO) na Gestão da Cadeia de Suprimentos (GCS): uma aplicação do Modelo de Inteligência Artificial (IA) ChatGPT

Enderson Luiz Pereira Júnior
endersonlpj@id.uff.br
UFF

Cátia Elisabete Lopes Camargo
catia.camargo@fatec.sp.gov.br
FATEC

Carlos Francisco Simões Gomes
cfsg1@bol.com.br
UFF

Marcos dos Santos
marcosdossantos@ime.eb.br
IME

Resumo:Objetivo: O objetivo deste estudo é mostrar como as novas ferramentas de Tecnologia da Informação (TI) estão auxiliando a Pesquisa Operacional (PO) na Gestão da Cadeia de Suprimentos (GCS). Metodologia: A metodologia utilizada para abordar o problema é mista, pois envolve a metodologia qualitativa aplicada para resolver problemas concretos e a metodologia quantitativa no desenvolvimento de um software. Nessa parte, também, foram abordados: a Descrição do Problema; a Estruturação do Problema por meio de duas Ferramentas funcionais aceitas na literatura; a Análise Bibliométrica; a Revisão Sistemática da Literatura e a Fundamentação Teórica. Resultado: O resultado deste estudo foi que a nova Ferramenta de TI que utiliza o Modelo de Inteligência Artificial (IA) ChatGPT conseguiu desenvolver um software em Linguagem R, por meio do framework Shiny, que aplicado a um problema análogo ao Problema da Mochila conseguiu maximizar o lucro e gerar valor para a GCS. Benefícios/Vantagens: A utilização do ChatGPT tem como vantagens principais a velocidade de resposta, a disponibilidade de sua

utilização, o auxílio na tomada de decisões e redução de custo da empresa. Limitações/Desvantagens: tem como desvantagens a dependência de dados de treinamento, as limitações de compreensão do contexto e a privacidade e segurança de dados. Conclusão: Conclui-se que a nova Ferramenta de TI ChatGPT se mostrou eficaz para o propósito de solucionar o problema deste estudo.

Palavras Chave: IA - ChatGPT - GCS - Pesquisa Operacional - Ferramentas de TI

1. INTRODUÇÃO

A PO é uma área do conhecimento interdisciplinar que tem como objetivo auxiliar na tomada de decisões nos mais diversos setores de atuação que envolvam tanto sistemas simples quanto sistemas complexos. Nesse sentido, os autores Dos Santos et al. (2015) e Drumond et al. (2021) mostram que a PO abrange diversas áreas como: Programação Matemática, Teoria dos Jogos, GCS, Simulação e Eventos Discretos, Teoria dos Grafos, Teoria das Filas, Apoio Multicritério à Decisão (MCDM), Análise Envolvória de Dados, Cenários Prospectivos entre outros.

Assim, a GCS está compreendida na PO e ela tem papel importante no desenvolvimento de qualquer país, independentemente do setor de atuação. Ela abrange todos os estágios, diretos ou indiretos, do processo para atender um cliente. A cadeia de suprimentos não se restringe apenas a fabricantes e fornecedores, mas também alcança as transportadoras, os depósitos, os varejistas e os próprios clientes (CHOPRA et al. 2003, p. 15). Visto isso, a GCS passa a ser primordial na condução das atividades que envolvem todos esses processos.

Para facilitar o gerenciamento dessas atividades, novas Ferramentas de TI estão sendo utilizadas. Assim sendo, o desenvolvimento computacional cada vez maior trouxe diversas tecnologias disruptivas, dentre elas a IA. Essa tecnologia abrange outras subáreas como o *Machine Learning*, o *Deep Learning*, *Natural Language Processing* e o *Large Language Models (LLM)*.

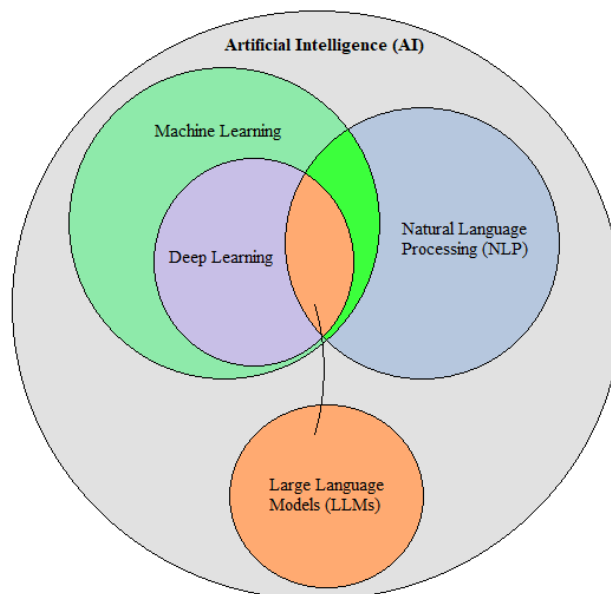


Figura 1: Inteligência Artificial e suas subáreas
Fonte: Autores 2023

Nesse sentido, o LLM despontou como sendo a grande evolução das ferramentas computacionais, pois ele pode gerar conteúdos com base na sua prévia aprendizagem com conjuntos massivos de dados. Neste contexto, a empresa norte-americana OpenIA desenvolveu o ChatGPT e ele se tornou a grande ferramenta computacional da atualidade.

Dessa forma, esse estudo tem como objetivo apresentar como as novas ferramentas da TI, em especial o Modelo de Linguagem em Grande Escala conhecido como ChatGPT, podem ajudar as empresas, principalmente as pequenas e médias empresas, a realizarem de forma eficiente e produtiva a sua GCS. Desse modo, o artigo está dividido em 6 tópicos: 1-Introdução;

2-Metodologia; 3-Proposta de Solução do Problema; 4-Resultados e Discussões; 5-Conclusão e 6-Referências.

2. METODOLOGIA

A metodologia utilizada neste estudo quanto à abordagem do problema é mista, pois de acordo com Vergara (2006) envolve a metodologia qualitativa aplicada para resolver problemas concretos e a metodologia quantitativa no desenvolvimento da aplicação, porque ela é sequencial, dedutiva e analisa a realidade objetiva no desenvolvimento da plataforma computacional.

A metodologia utilizada neste estudo é apresentada na Figura 2.

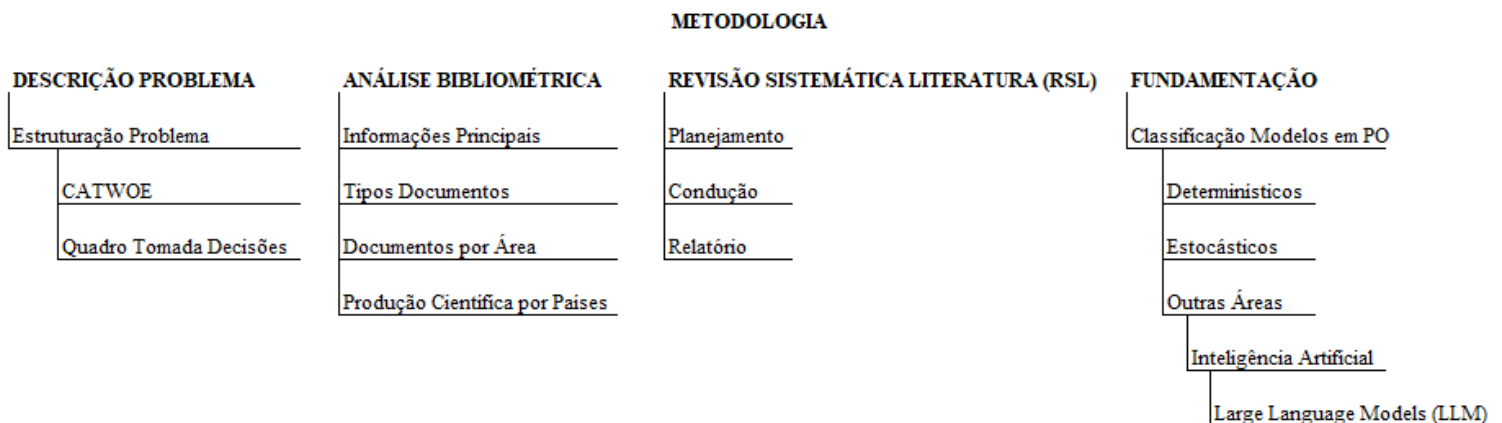


Figura 2. Metodologia
Fonte: Autores (2023)

2.1. DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

De acordo com Pereira Júnior et al. (2023), a GCS é uma forma de interligar fornecedores, fábricas, armazéns e lojas para que os produtos cheguem na quantidade certa, no lugar certo e na hora certa, garantindo a integração estratégica da cadeia de suprimentos. Para garantir uma interligação mais eficiente entre esses stakeholders, o uso de Sistemas de Informações (SI) e da TI tem sido crucial. Apesar de serem conceitos próximos, os SIs não se confundem com as TIs. Os SIs são usados de forma estratégica nas organizações, pois essas os utilizam para tomarem as melhores decisões e atingirem seus objetivos. Esses Sistemas são compostos por diversas variáveis como pessoas, processos e tecnologias, dentre elas a da informação.

Nesse contexto, a TI envolve um conjunto de recursos de hardware e de software utilizados para elaborar, processar, manipular, armazenar, transmitir e receber informações de forma eletrônica. Assim, essas ferramentas que apoiam a TI são sistemas, softwares, plataformas, aplicativos mobile, dentre outros que são utilizados para facilitarem o desenvolvimento, o armazenamento, o processamento, a gestão e a comunicação de informações onde for necessária sua utilização.

Desse modo, a **Questão de Pesquisa** desse estudo é identificar “Como as novas Ferramentas de TI estão auxiliando a PO na GCS?”

2.1.1. Estruturação do Problema

As duas ferramentas utilizadas na estruturação do problema foi a CATWOE (*Customers Actors Transformation Worldview Owners Environmental*) e o Quadro de Tomada de Decisões.

2.1.1.1. Ferramenta CATWOE

Essa ferramenta é o mnemônico de seis características que devem ser incluídas na estruturação de problemas. Abaixo, serão apresentadas as definições de cada características e sua aplicação nesse estudo.

Customers: podem ser instituições ou pessoas, internas ou externas, que são afetadas pela situação em análise ou pelo sistema ao qual estão envolvidas e suas necessidades e expectativas devem ser consideradas na estruturação ou projeto de solução dos problemas.

Empresas envolvidas na GCS que buscam otimizar suas operações e, assim, melhorar seu desempenho e sua eficiência.

- *Actors*: são as pessoas ou grupos envolvidos nas tomadas de decisões ou execução de tarefas.

Gerentes de logística, analistas de dados, pesquisadores e profissionais de TI envolvidos na implementação e utilização das ferramentas de TI.

- *Transformation*: principal processo realizado na estruturação do problema. Ele permite que o sistema atinja seus objetivos e produza resultados.

Inclui a modelagem de problemas, a otimização de processos, a previsão de demanda, entre outros. Além disso, fornece insights, análises e soluções mais avançadas para os problemas da cadeia de suprimentos.

- *Worldview*: são os valores, as crenças e as perspectivas que influenciam como as pessoas enxergam o sistema e como interagem com ele.

Visão de que as novas ferramentas de TI podem levar a uma gestão mais eficiente com redução de custos, melhoria na tomada de decisões e aumento da competitividade.

- *Owner*: indivíduo ou grupo responsável pelo sistema ou situação em análise. O proprietário tem o poder de tomar decisões e a responsabilidade final é sua.

Empresa que está investindo nas novas ferramentas de TI.

- *Environmental Constraints*: são fatores ambientais externos que podem afetar a situação em análise. Eles podem se referir às regulamentações, aos recursos limitados, às restrições tecnológicas ou qualquer outro fator externo que possa influenciar a tomada de decisão.

Incluem os custos das ferramentas de TI, a disponibilidade de recursos tecnológicos, a capacidade de treinamento da equipe, a conformidade regulatória dentre outros.

Visto isso, verifica-se que com a utilização da ferramenta CATWOE é possível estruturar o problema e, também, conhecer as variáveis contidas nessa problemática que afetam direta ou indiretamente a GCS.

2.1.1.2. Quadro de Tomada de Decisão

De acordo com Gomes (2020), o Quadro de Tomada de Decisões é uma ferramenta que auxilia na organização e na visão sistêmica de um projeto, de modo a tomar decisões estratégicas, além disso auxilia também a tomada de decisão para direcionar o que seria decidido em um momento mais à frente.

Regras <ul style="list-style-type: none"> Cumprir as diretrizes para implementação das ferramentas de TI Adequação ao escopo do projeto. 	Desafios <ul style="list-style-type: none"> Obter informações úteis e atualizadas de toda Cadeia de Suprimento. Integração de sistemas. Superar a resistência às mudanças de tecnologias. 	Recompensa <ul style="list-style-type: none"> Melhor tomada de decisões. Redução de custos. Eficiência operacional. Aumentar o número de clientes. 	Alternativas <ul style="list-style-type: none"> Diferentes ferramentas de TI disponíveis. 	Decisão a fazer <ul style="list-style-type: none"> Selecionar as ferramentas de TI mais adequadas. Buscar aumentar as receitas.
Jogadores <ul style="list-style-type: none"> Profissionais de TI. Analistas de dados Gerentes de logística. Fornecedores. Distribuidores. Revendedores. Consumidor Final. 	Recursos <ul style="list-style-type: none"> Especialistas em TI. Humanos. Tecnológicos. Financeiros. 	Indicadores <ul style="list-style-type: none"> Taxa de utilização das ferramentas. Aumento da eficiência. Redução de Custos. Aumento da Receita. Prazo para o desenvolvimento do projeto das novas ferramentas de TI. 	Crítérios de Seleção <ul style="list-style-type: none"> Eficácia da Ferramenta. Custo de desenvolvimento das novas ferramentas. Prazo de desenvolvimento das ferramentas de TI. Suporte pós-desenvolvimento. 	Decisão a não fazer <ul style="list-style-type: none"> Não descartar ferramentas de TI devido às restrições ou inadequações. Não investir em novas tecnologias. Selecionar as piores alternativas. Prestar um mau serviço. Não valorizar a comunicação.
Cenários <ul style="list-style-type: none"> Novas ferramentas de TI mais eficientes. Restrições específicas para implantação de novas ferramentas de TI. Aumento dos tributos aplicados ao setor de Tecnologia. Demanda variável. Projeção de crescimento para o setor em análise. Aumento dos custos da Cadeia de Suprimentos. Reforma trabalhista e tributárias. 		Estratégia <ul style="list-style-type: none"> Aumentar a eficiência da Gestão da Cadeia de Suprimento do setor em análise. Selecionar as melhores ferramentas de TI para a Gestão da Cadeia de Suprimento. Implementação em etapas das novas ferramentas de TI. Parcerias estratégicas. Treinamento da equipe Método <ul style="list-style-type: none"> Modelagem de problemas. Algoritmos de otimização. Análise de dados 		

Figura 3. Quadro de Tomada de Decisão
Fonte: Autores (2023)

Dessa forma, os Critérios de Seleção para serem usados deste estudo foram: o custo de desenvolvimento de novas ferramentas de TI; o prazo de desenvolvimento dessas ferramentas; o suporte pós-desenvolvimento e a Eficácia da ferramenta, que tem como indicador a meta de conclusão da tarefa para a qual foi proposta.

Assim, após a utilização dessas ferramentas de estruturação de problemas, os autores constataram que a utilização da nova ferramenta de TI da empresa OpenAI conhecido como ChatGPT seria uma boa alternativa para a empresas, principalmente as pequenas e médias empresas, aumentarem sua eficiência na GCS.

2.2. ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA

Depois de descrito e estruturado o problema, os autores realizaram a análise bibliométrica na base Scopus onde buscaram documentos de 2006 até 2023 por meio da String de Busca: ("information technology tools" OR "IT tools" OR "technology tools for IT" OR "Information System") AND (("Supply Chain Management" OR "GCS") OR ("Operational Research")) AND ("Artificial Intelligence" OR "Large Language Models" OR "LLM" OR "Machine Learning" OR "Deep Learning"). O resultado da pesquisa retornou 139 documentos sendo compreendidos na Análise abaixo.

Por meio da Figura 3, observa-se que a média de citação por documento dos artigos compreendidos na análise é de 10,76. Isso se deve porque somente 32 documentos dos 139

encontrados são de acesso livre (*open access*). Assim, se houvesse mais documentos com acesso livre, essa média aumentaria.

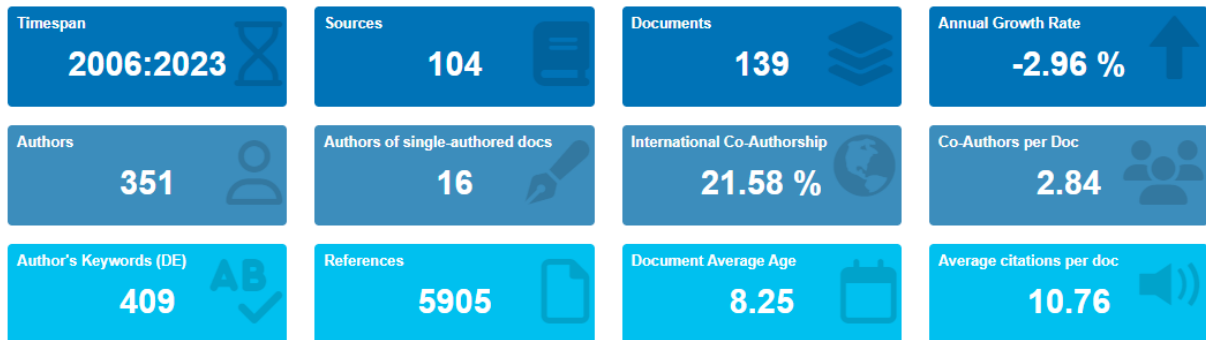


Figura 4. Informações Principais

Em relação à Tabela 1, observa-se que a grande maioria dos documentos são *Conference Paper* e Artigos.

Tabela 1. Tipos de Documentos

Document type	Documents
Conference Paper	78
Article	36
Conference Review	13
Book	4
Review	4
Book Chapter	2
Editorial	1

Fonte: Scopus (2023)

Já em relação à Tabela 2, verifica-se que as 4 primeiras áreas que aparecem da tabela correspondem a mais de 70% das publicações.

Tabela 2. Documentos por Área

Subject area	Documents	%
Computer Science	94	29.3
Engineering	52	16.2
Business, Management and Accounting	43	13.4
Decision Sciences	43	13.4
Mathematics	25	7.8
Social Sciences	17	5.3
Economics, Econometrics and Finance	8	2.5
Energy	7	2.2
Medicine	7	2.2
Agricultural and Biological Sciences	6	1.9
Other	19	5.9

Fonte: Scopus (2023)

2.3 REVISÃO LITERATURA

Realizada essa análise bibliométrica, foi realizada a Revisão Sistemática da Literatura (RSL) e, para isso, os autores realizaram a leitura dos resumos dos 139 documentos e selecionaram os documentos de acordo com os seguintes critérios:

- Inclusão: Uso de Ferramentas de TI ou SI na GCS.

- Exclusão: Documentos Duplicados, *Book*, Foco não é ferramentas de TI ou SI na GCS.

Após o refinamento na seleção dos documentos, foram selecionados 18 documentos. Dessa seleção, observa-se, por meio da Figura 5, que ainda não há produção científica no Brasil com tema objeto desse estudo. Assim, comprovasse que este artigo é inédito no Brasil e apropriado para publicação neste país.

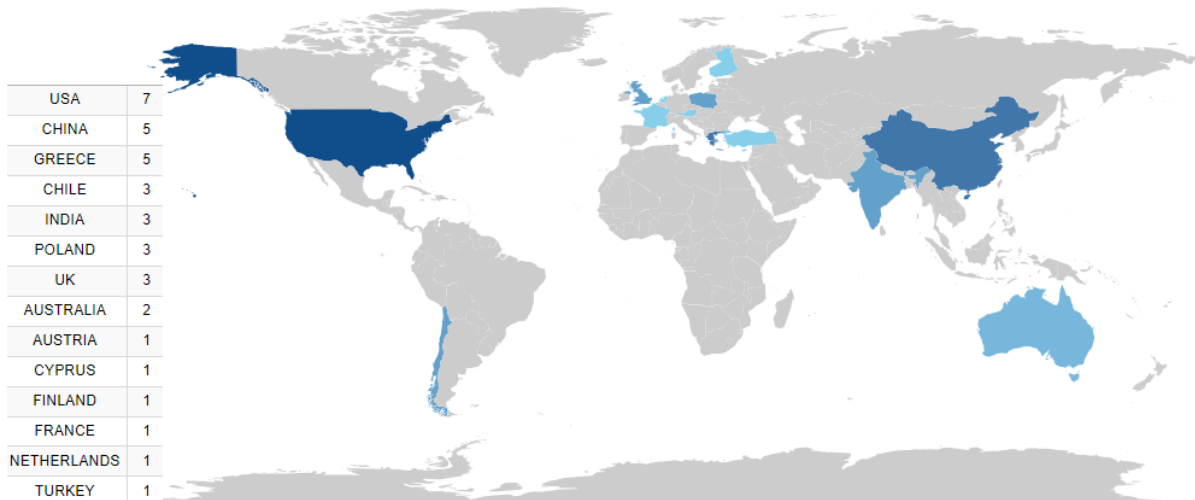


Figura 5. Produção Científica por Países

Fonte: Bibliometrix via Scopus (2023)

A Tabela 3 mostra que há uma grande diversificação com relação as Fontes de publicação mais relevantes, sendo que o *European Journal of Operational Research* obteve somente uma publicação a mais que as outras fontes de publicação.

Tabela 3. Fontes de Publicação mais relevantes

MOST RELEVANT SOURCES	
European Journal of Operational Research	2
International Conference on Service Operations and Logistics, And Informatics, Soli 2006	1
2013 Federated Conference on Computer Science and Information Systems, FEDCSIS 2013	1
Computers and Electronics in Agriculture	1
Electronic Commerce Research and Applications	1
ICEIS 2009 - 11th International Conference on Enterprise Information Systems, Proceedings	1
ILS 2018 - Information Systems, Logistics and Supply Chain, Proceedings	1
International Journal of Production Economics	1
Journal of Operations Management	1
Logistics	1
Portland International Conference on Management of Engineering and Technology	1
IITA International Conference on Control, Automation and Systems Engineering, Case 2009	1
Proceedings - 2018 1st IEEE International Conference on Artificial Intelligence for Industries, Ai4i 2018	1
Sensors	1
Springer Series in Supply Chain Management	1
Studies in Health Technology and Informatics	1
Studies in Systems, Decision and Control	1

Fonte: Scopus (2023) adaptado pelos autores (2023)

A Figura 6 mostra a relação entre o Grau de Relevância e Grau de Desenvolvimento relacionados com os termos contidos nos documentos selecionados. Por meio dela, é possível observar que que o termo *supply chain management* e *artificial intelligence* tem alta relevância, porém média densidade. Já termos como *decision theory*, e *managemtent information systems*

tem alta relevância e alta densidade. Isso mostra que Sistemas de Informações que auxiliam na Tomada de Decisões são importantes para o esse estudo.

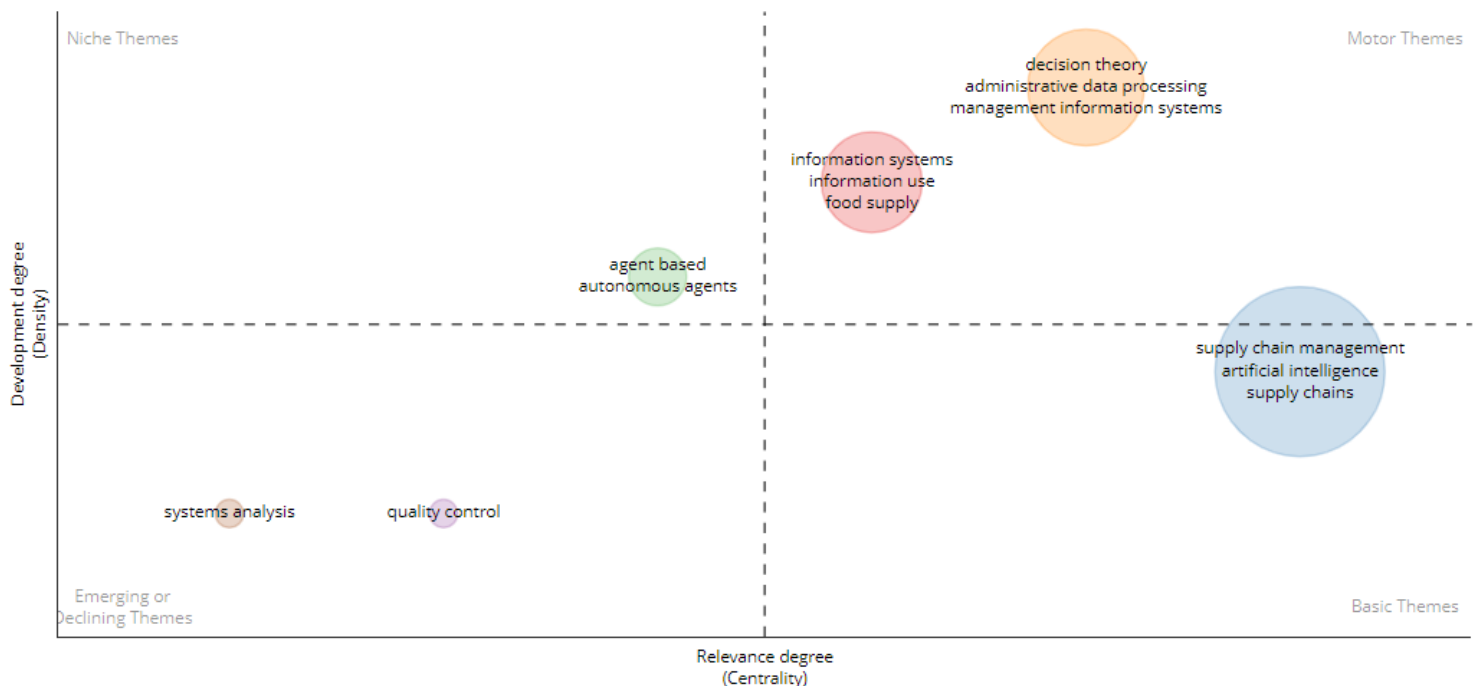


Figura 6. Mapa Temático de Grau de Relevância e Grau de Desenvolvimento
Fonte: Bibliometrix via Scopus (2023)

2.4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

De acordo com Belfiore e Fávero (2013), a PO tem como objetivo minimizar as incertezas, os riscos e a complexidades inerentes ao processo, com o intuito de encontrar a decisão mais eficiente entre as alternativas disponíveis, para isso sendo fundamental o valor e a qualidade da informação, sendo que esse valor e qualidade são avaliados a partir das ferramentas utilizadas pelo pesquisador ou tomador das decisões.

Desse modo, há a necessidade de que a PO seja apoiada por ferramentas de TI. Nesse sentido, de acordo com os mesmos autores, o aprimoramento e evolução dos métodos de pesquisas e de levantamento de dados, junto ao desenvolvimento de softwares e pacotes computacionais, geram uma crescente necessidade de estudos no campo da PO. Desse modo, a PO fornece um grande conjunto de ferramentas que auxiliam o usuário na sua tomada de decisão.

Esses autores classificam essas ferramentas de PO em 3 tipos:

- **Determinísticas:** modelos em que as variáveis utilizadas em sua modelagem são constantes e conhecidas e seu resultado é uma solução exata. Esses modelos determinísticos são frequentemente resolvidos por métodos analíticos (sistema de equações) que geram a solução ótima.
- **Estocásticos:** modelos que empregam uma ou mais variáveis aleatórias, sendo que no mínimo uma de suas características operacionais é determinada por meio de funções de probabilidade. Esses modelos geram diversas soluções e almejam analisar os diferentes cenários, dessa maneira, não resultando em uma solução ótima. Os modelos estocásticos são frequentemente resolvidos por meio de métodos numéricos e programas de computador.

- Outras Técnicas: São novas técnicas que foram adicionadas a PO dado o desenvolvimento computacional e as características semelhantes aos outros 2 tipos, os quais buscam apresentar resultados exatos ou apresentar diversas opções de cenários para uma melhor tomada de decisão.

Tabela 4. Classificação de Modelos em PO

Modelos Determinísticos	Modelos Estocásticos	Outras Técnicas
Programação Linear	Teoria das Filas	Apoio Multicritério à Decisão
Programação em Redes	Simulação	Análise Envolvória de Dados
Programação Binária e Inteira	Programação Dinâmica	Inteligência Artificial
Programação Multiobjetivo	Teoria dos Jogos	Inteligência Computacional
Programação Não Linear		Heurísticas e Meta-heurísticas
Programação Dinâmica		Outras

Fonte: Fávero e Belfiore. Pesquisa operacional para cursos de engenharia (2013)

Conforme visto na tabela 4, a IA é classificada em Outras Técnicas de PO. Ela surgiu para agilizar e dar maior eficiência às ferramentas de TI. Nesse contexto, um modelo utilizado pela IA para agilizar e facilitar a produção e o desenvolvimento de informações é o Modelo de Linguagem em Grande Escala (LLM).

Os modelos LLM são modelos de IA que são treinados com uma grande quantidade de dados para entender e gerar informações de forma autônoma. Eles têm uma arquitetura de dados complexa com milhões ou bilhões de parâmetros e esse grande número de parâmetros permite que ele capture padrões e estruturas linguísticas e gerem respostas coerentes e relevantes.

Os LLMs são treinados em um processo de aprendizado de máquina chamado de "pré-treinamento". Durante o pré-treinamento, o modelo é exposto a grandes quantidades de dados textuais coletados da internet, onde ele aprende a prever a próxima palavra de uma sequência de texto. Essa tarefa de previsão de palavras ajuda o modelo a entender a estrutura e as relações entre as palavras em um texto.

Após o pré-treinamento, os LLMs passam por ajustes finos (*fine-tuned*) para tarefas específicas. Nesse estágio, são fornecidos exemplos de pares de entrada e saída para treinar o modelo em uma determinada tarefa, como tradução, respostas a perguntas ou geração de texto criativo. O ajuste fino permite adaptar o modelo para uma aplicação específica e melhorar seu desempenho nessa tarefa específica.

Um exemplo do modelo LLM é o **ChatGPT**. Essa ferramenta tem sido uma das maiores tecnologias disruptivas dos últimos tempos. Ele tem sido usado em várias aplicações, desde assistentes virtuais até suporte à criação de conteúdo. No entanto, é importante considerar que esses modelos têm limitações e podem gerar respostas enviesadas em certas situações.

3. PROPOSTA DE SOLUÇÃO DO PROBLEMA

Para propor uma solução a essa problemática, os autores estudaram e analisaram as Ferramentas de Estruturação de Problemas e observaram que uma solução viável é utilizar uma ferramenta que seja eficaz, com custo reduzido, com baixo prazo de desenvolvimento e com suporte pós-desenvolvimento. Visto isso, os autores decidiram utilizar a nova Ferramenta ChatGPT, pois essa ferramenta é eficiente, não gera custo de desenvolvimento, pois já foi desenvolvida pela empresa OpenIA, e o suporte pós-desenvolvimento é realizado pela própria empresa desenvolvedora. Desse modo, a utilização do ChatGPT mostra-se coerente com o propósito desse estudo.

Visto que o ChatGPT pode resolver a problemática desse estudo, os autores inseriram no prompt do ChatGPT a seguinte problemática:

“Crie uma aplicação web com o Framework Shiny da Linguagem R para a resolução de um problema análogo ao problema da mochila (*Knapsack problem*). Essa aplicação deverá ser em *localhost*. O usuário da aplicação deverá informar a capacidade e as dimensões do caminhão, o valor, as dimensões e o peso do item a ser transportado no caminhão. A aplicação deverá maximizar o lucro da empresa e indicar quais itens ou produtos devem ser transportados no caminhão.”

O algoritmo desenvolvido na Linguagem R pelo ChatGPT encontra-se na Figura 7.

```

1 # Instalação dos pacotes necessários
2 pacotes <- c("shiny", "shinydashboard")
3 pacotes_instalados <- pacotes %in% installed.packages()
4 if (any(!pacotes_instalados)) {
5   install.packages(pacotes[!pacotes_instalados])
6 }
7
8 # Carregamento dos pacotes
9 library(shiny)
10 library(shinydashboard)
11
12 # Definição da interface da aplicação
13 ui <- dashboardPage(
14   dashboardHeader(title = HTML("<h1 style='color: white; font-size: 24px;'>Eng. Produção</h1>")),
15   dashboardSidebar(
16     sidebarMenu(
17       menuItem("Configuração", tabName = "configuracao")
18     )
19   ),
20   dashboardBody(
21     tabItems(
22       tabItem(tabName = "configuracao",
23         h2("Configuração"),
24         fluidRow(
25           column(6,
26             numericInput("comprimento_caminhao", "Comprimento do Caminhão:", value = 10, min = 1),
27             numericInput("largura_caminhao", "Largura do Caminhão:", value = 5, min = 1),
28             numericInput("altura_caminhao", "Altura do Caminhão:", value = 3, min = 1),
29             numericInput("capacidade_peso", "Capacidade de Peso do Caminhão:", value = 1000, min = 1),
30             numericInput("quantidade_itens", "Quantidade de Itens:", value = 5, min = 1),
31             uiOutput("itens_ui"),
32             actionButton("calcular", "Calcular")
33           ),
34           column(6,
35             br(),
36             h4("Resultado"),
37             verbatimTextOutput("resultado_output"),
38             plotOutput("grafico_output", height = "300px")
39           )
40         )
41       )
42     )
43   )
44 )
45
46 # Definição do servidor
47 server <- function(input, output) {
48   # Função para gerar as entradas de itens dinamicamente
49   output$itens_ui <- renderUI({
50     n_itens <- input$quantidade_itens
51     itens <- lapply(1:n_itens, function(i) {
52       tagList(
53         numericInput(paste0("valor_", i), label = paste0("valor do Item ", i), value = 0, min = 0),
54         numericInput(paste0("comprimento_item_", i), label = paste0("Comprimento do Item ", i), value = 1, min = 1),
55         numericInput(paste0("largura_item_", i), label = paste0("Largura do Item ", i), value = 1, min = 0),
56         numericInput(paste0("altura_item_", i), label = paste0("Altura do Item ", i), value = 1, min = 0),
57         numericInput(paste0("peso_item_", i), label = paste0("Peso do Item ", i), value = 1, min = 0)
58       )
59     })
60     tagList(itens)
61   })

```

```

63 # Função para calcular a otimização de carga
64 observeEvent(input$calcular, {
65   n_itens <- input$quantidade_itens
66   valores <- sapply(1:n_itens, function(i) input[[paste0("valor_", i)]])
67   dimensoes <- sapply(1:n_itens, function(i) c(input[[paste0("comprimento_item_", i)]], input[[paste0("largura_", i)]])
68   pesos <- sapply(1:n_itens, function(i) input[[paste0("peso_item_", i)]])
69   caminhao <- c(input$comprimento_caminhao, input$largura_caminhao, input$altura_caminhao)
70   capacidade_peso <- input$capacidade_peso
71
72   knapsack <- function(capacidade, dimensoes, valores, pesos) {
73     n <- length(valores)
74     matriz <- array(0, dim = c(n + 1, capacidade + 1, capacidade_peso + 1))
75
76     for (i in 1:n) {
77       for (j in 1:capacidade) {
78         for (k in 1:capacidade_peso) {
79           if (dimensoes[i] > j || pesos[i] > k) {
80             matriz[i + 1, j + 1, k + 1] <- matriz[i, j + 1, k + 1]
81           } else {
82             matriz[i + 1, j + 1, k + 1] <- max(matriz[i, j + 1, k + 1], matriz[i, j - dimensoes[i] + 1, k - pesos[i] + 1])
83           }
84         }
85       }
86     }
87
88     solucao <- numeric(n)
89     i <- n
90     j <- capacidade
91     k <- capacidade_peso
92
93     while (i > 0 && j > 0 && k > 0) {
94       if (matriz[i + 1, j + 1, k + 1] != matriz[i, j + 1, k + 1]) {
95         solucao[i] <- 1
96         j <- j - dimensoes[i]
97         k <- k - pesos[i]
98       }
99       i <- i - 1
100     }
101
102     list(solucao = solucao, valor_total = matriz[n + 1, capacidade + 1, capacidade_peso + 1])
103   }
104
105   # Chamando a função para obter a solução
106   solucao <- knapsack(sum(caminhao), dimensoes, valores, pesos)
107
108   # Criando uma string com os itens selecionados
109   itens_selecionados <- paste(which(solucao$solucao == 1), collapse = ", ")
110
111   # Exibindo o resultado
112   output$resultado_output <- renderPrint({
113     cat("Itens selecionados:", itens_selecionados, "\n")
114     cat("Valor total:", solucao$valor_total, "\n")
115     cat("Peso total:", sum(pesos * solucao$solucao), "\n")
116   })
117
118   # Criando o gráfico de barras
119   output$grafico_output <- renderPlot({
120     df <- data.frame(Item = 1:length(valores), valor = valores * solucao$solucao)
121     barplot(df$valor, names.arg = df$Item, xlab = "Item", ylab = "valor", col = "red", main = "valores dos itens")
122   })
123 })
124 }
125
126 # Execução da aplicação shiny
127 shinyApp(ui = ui, server = server)

```

Figura 7. Código gerado pelo ChatGPT
 Fonte: ChatGPT via RStudio adaptado pelos autores (2023)

4. RESULTADO E DISCUSSÕES

O resultado do desenvolvimento do software pelo ChatGPT pode ser visto na Figura 8. Para esta demonstração foram inseridos no software os seguintes dados:

Tabela 5. Dados inseridos no software desenvolvido pelo ChatGPT

Variável	Valor
Comprimento do Caminhão	10
Largura do Caminhão	5
Altura do Caminhão	3
Capacidade de Peso do Caminhão	1000
Quantidade de Itens	10

Fonte: Autores (2023)

Tabela 6. Dados inseridos no software desenvolvido pelo ChatGPT

	Item 1	Item 2	Item 3	Item 4	Item 5	Item 6	Item 7	Item 8	Item 9	Item 10
Valor	1000	1500	1800	2500	900	800	1100	3000	2500	1700
Comprimento	0,5	0,7	0,6	0,7	0,4	0,4	0,4	0,7	0,6	0,5
Largura	0,7	0,6	0,5	0,5	0,3	0,4	0,6	0,7	0,6	0,7
Altura	0,4	0,5	0,3	0,4	0,2	0,3	0,3	0,5	0,4	0,5
Peso	170	220	300	450	120	230	170	400	350	370

Fonte: Autores (2023)

Inserido esses dados no software, essa aplicação desenvolvida pelo ChatGPT conseguiu calcular o lucro maximizado de acordo com os dados em questão. Logo, ele se mostrou eficaz para resolver esse problema, conforme apresentado na Figura 8.

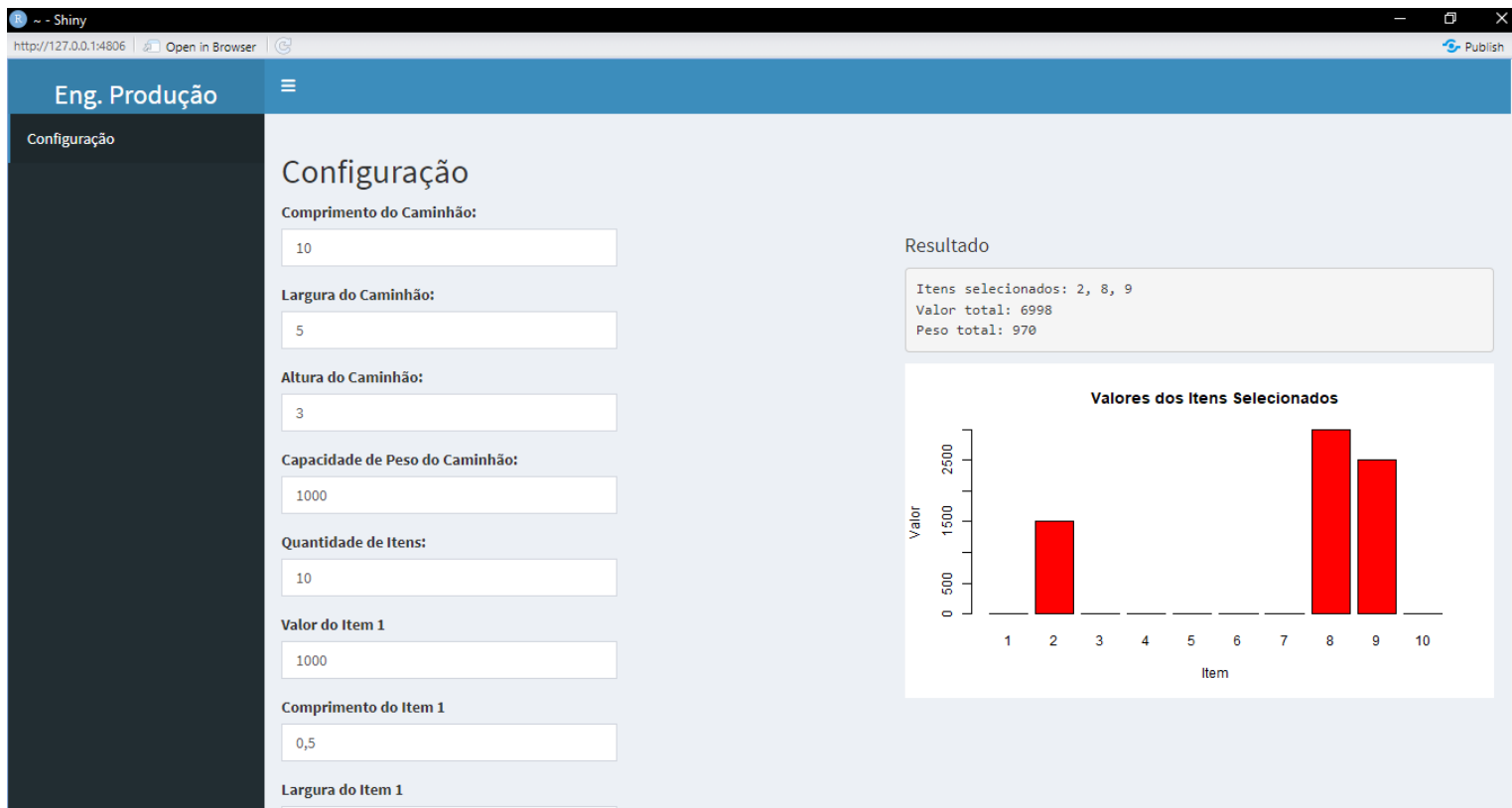




Figura 8. Plataforma desenvolvida pelo ChatGPT
Fonte: ChatGPT adaptado pelos Autores (2023)

Nesse sentido, pode-se destacar como vantagens na utilização do ChatGPT:

- a velocidade com que ele retorna os resultados, pois o processamento é realizado em servidores da empresa OpenIA e não localmente no computador do usuário;
- a sua disponibilidade, pois os servidores operam continuamente, só parando em raríssimos casos; a automatização de tarefas repetitivas.
- auxílio na tomada de decisões.
- redução de custo, pois a empresa não necessita investir em desenvolvimento de software.

Porém, apesar o ChatGPT conseguir resolver essa problemática, há também desvantagens em sua utilização, dentre elas:

- dependência de dados de treinamento, pois sua versão atual é treinada com dados até o ano de 2021, apesar de já estarem surgindo plugins para sua utilização em tempo real;
- limitações de compreensão do contexto com o qual o usuário irá perguntar ou solicitar, pois ele é uma plataforma web treinada com dados de diversos tipos e estruturas e isso pode enviesar a informação;
- privacidade e segurança de dados, pois como é uma plataforma web e está, obviamente, na internet, os dados do usuário podem ser vazados e compartilhados na rede.

5. CONCLUSÃO

O objetivo deste estudo é mostrar como as novas ferramentas de TI e de SI estão auxiliando a PO na GCS. Para isso, os autores descreveram e estruturaram o problema e verificaram que uma possível ferramenta capaz de solucionar o problema proposto é o Modelo de IA ChatGPT.

Desse modo, os autores utilizaram o ChatGPT e ele desenvolveu um software em Linguagem R, por meio do *framework* Shiny, que conseguiu solucionar o problema delineado neste estudo. Diante disso, foram apresentadas as vantagens e desvantagens de sua utilização. Dentre as vantagens destacam-se a velocidade de resposta; a disponibilidade de sua utilização, auxílio na tomada de decisão e redução de custo. Já dentre as desvantagens são percebidas a dependência de dados de treinamento, as limitações de compreensão do contexto e a privacidade e segurança de dados. Além disso, existem outras vantagens e desvantagens que podem ser exploradas futuramente com as atualizações que o ChatGPT sofrerá.

Por fim, conclui-se que o ChatGPT pode ser utilizado pelas empresas, sobretudo as pequenas e médias empresas, na resolução de problemas quotidianos ou mesmo mais complexos. Logo, verifica-se que essa plataforma web cumpriu o propósito para o qual foi desenvolvida e ajudou na solução desse problema neste estudo.

6. REFERÊNCIAS

BELFIORE, Patrícia; FÁVERO, Luiz Paulo. Pesquisa operacional para cursos de engenharia. Elsevier Brasil, 2013.



CHOPRA, Sunil; MEINDL, Peter. Gerenciamento da cadeia de suprimentos: estratégia, planejamento e operação. São Paulo: Prentice Hall, 2003. 465 p.

DOS SANTOS, Marcos et al. Simulation of operation of an integrated information for emergency pre-hospital care in Rio de Janeiro municipality. *Procedia Computer Science*, v. 55, p. 931-938, 2015.

DRUMOND, Paula et al. Multicriteria Analysis in Additive Manufacturing: An ELECTRE-MOr Based Approach. In: *Modern Management based on Big Data II and Machine Learning and Intelligent Systems III*. IOS Press, 2021. p. 126-132.

GOMES, A. E. de S. Teoria dos jogos aplicada na educação profissional para desenvolvimento de competência em tomada de decisões estratégicas. [178 f.]. Dissertação (Programa de Mestrado Profissional em Gestão da Economia Criativa) - Escola Superior de Propaganda e Marketing, [Rio de Janeiro], 2020.

VERGARA, Sylvia Constant. Projetos e relatórios de pesquisa. São Paulo: Atlas, v. 34, p. 38, 2006.