

Universidade Estadual de Maringá
Centro de Tecnologia
Departamento de Engenharia de Produção

Um Portfólio Bibliográfico de Programação Linear

Amanda da Silva Totó Sandes

TCC-EP-04-2013

Universidade Estadual de Maringá
Centro de Tecnologia
Departamento de Engenharia de Produção

Um Portfólio Bibliográfico de Programação Linear

Amanda da Silva Totó Sandes

TCC-EP-04-2013

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito de avaliação no curso de graduação em Engenharia de Produção na Universidade Estadual de Maringá – UEM.

Orientador(a): Prof.(^a): MSc. Gislaine Camila Lapasini Leal

**Maringá - Paraná
2013**

RESUMO

A revisão de literatura é uma etapa fundamental da pesquisa, pois proporciona que o pesquisador conheça outros trabalhos de outros pesquisadores e obtenha diferentes pontos de vista acerca de um determinado problema, além de garantir confiabilidade aos dados e métodos utilizados e contribuir com a estruturação da pesquisa. Porém, uma das maiores dificuldades encontradas no desenvolvimento de uma pesquisa científica, principalmente nas etapas de revisão de literatura e definição do problema, é a construção de conhecimento relevante ao tema, o que ocorre devido à grande quantidade de material de pesquisa disponível no meio acadêmico.

Neste contexto será apresentada a aplicação da metodologia *ProKnow-C* na criação de um portfólio bibliográfico de artigos relevantes ao tema de pesquisa, que é Programação Linear, e, em seguida, por meio de análise bibliométrica e revisão sistêmica apresentará informações quantitativas e qualitativas do banco de dados selecionado que serão fundamentais na análise dos artigos selecionados futuramente por potenciais pesquisadores da área.

Palavras-chave: Programação Linear, *ProKnow-C*, portfólio bibliográfico, análise bibliométrica, revisão sistêmica.

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, João e Jaira, minha avó Maria e minha tia Marlene, pelo grande apoio, carinho e confiança em todos os momentos da minha vida.

“O sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em se chegar a um objetivo. Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e vence obstáculos, no mínimo fará coisas admiráveis”.

(José de Alencar - Ex vice-presidente do Brasil)

AGRADECIMENTOS

Ao fim de uma batalha devemos olhar para trás e reconhecer em nossas ações tudo que pode nos agregar mais conhecimento e aprimorar nossas estratégias, aprendendo com tudo que fizemos de bom para contribuir com essa vitória e com tudo em que é possível melhorar para que nas próximas batalhas estejamos ainda mais fortes.

Com isso, é de suma importância reconhecer aqueles que caminharam do nosso lado e contribuíram com nosso sucesso, e por isso dedico não só este trabalho, mas também o sucesso de ter chegado até aqui a...

Primeiramente, a Deus! Fonte de toda sabedoria, força, paciência, fé, perseverança e amor, que não permitiu que eu desistisse dos meus sonhos perante as dificuldades que encontrei.

Agradeço enormemente aos meus pais, João e Jaira, que em todos os momentos foram meu escape e porto seguro e nunca me deixaram desanimar ou deixar de sonhar. Sei o quanto foi difícil pra vocês, quantos sacrifícios fizeram e quantas noites de sono devem ter perdido por minha causa. Serei eternamente grata e pretendo pagar essa dívida. Vocês são a razão de eu ser quem sou, de estar onde estou e de lutar pelo que desejo alcançar.

Não posso deixar de agradecer à minha avó Maria, com certeza a avó mais linda do mundo, nem a minha querida tia Marlene, que mesmo longe nunca deixaram de me ajudar. Suas palavras tiveram poder em minha vida em todos os momentos que vivi, em todos os obstáculos que superei e em todas as conquistas que alcancei, obrigada, meus amores!

Agradeço a uma pessoa que me acompanha desde os meus primeiros dias em Maringá. Ele foi meu melhor amigo por 5 anos e só no final da graduação eu descobri o quanto ele é importante na minha vida. Foi meu companheiro de festas, de tristezas, de trabalhos de faculdade, de passeios, de estudos desesperados antes da prova, de colas... Etc., etc., etc... Hoje é meu companheiro em muito mais do que isso, é um parceiro para a vida toda. Obrigada, Higor Ricardo Bernardes, e que Deus ilumine nosso caminho juntos. Obrigada também à sua família, pelo carinho e apoio!

Agradeço à minha orientadora, Camila, que desde o começo do ano acompanhou meu desespero e riu do meu exagero nos momentos de correria, me mostrando que o TCC não era

um monstro, que meu emprego não era melhor que a minha faculdade e que a minha formação deveria ser meu maior objetivo naquele momento. Além disso, me ajudou a compor este trabalho e a construir todo conhecimento necessário para desenvolvê-lo. Foi paciente e mesmo com tantos afazeres, orientou-me com excelência e foi grande responsável pela conclusão deste trabalho. Obrigada, Camila!

Agradeço aos amigos da T32. Brigamos, discutimos, festamos, bebemos, choramos, sorrimos e agora iremos nos despedir, cada um com uma história e com sua personalidade, mas com certeza ficará a saudade dos grandes momentos que vivemos juntos e desse período maravilhoso, chamado faculdade. Obrigada, turma!

Agradeço ao professor Danilo Hisano, que conheci apenas no 5º ano mas que foi um grande companheiro da nossa turma. Sempre teve a intenção de ajudar e foi bastante prestativo. Obrigada pelo apoio e por ter aceitado participar da minha banca.

Agradeço aos demais professores que conheci nessa jornada. Muitos foram mais que professores, foram amigos. Juntos, conversamos, rimos, contamos histórias, aprendemos com suas experiências, levamos broncas, fomos expulsos da sala... Etc., etc., etc. Cada um teve sua contribuição nessa formação.

Agradeço à Dinâmica Empresa Júnior, um eterno orgulho!

Finalmente me despeço com um nó na garganta, pois este é o fim de uma Era da minha vida, onde tive as mais estranhas e difíceis experiências que uma pessoa com 20 e poucos anos poderia ter, onde eu fiz grandes parcerias e amizades, onde eu aprendi a beber (ou não...), onde eu aprendi a cozinhar (ou não...), onde eu aprendi o valor da minha própria companhia, onde eu aprendi a me valorizar, onde eu aproveitei MUITO.

Foi um momento mágico, mas o finalizo com a sensação de dever cumprido. E que venha a próxima batalha, pois a Guerra ainda não acabou.

Att.,

Futura Engenheira de Produção e eterna torcedora do
Produchep, Amanda da Silva Totó Sandes.

SUMÁRIO

LISTA DE ILUSTRAÇÕES.....	iv
LISTA DE TABELAS.....	v
LISTA DE QUADROS.....	vi
LISTA DE GRÁFICOS.....	vii
LISTA DE SÍMBOLOS.....	viii
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 JUSTIFICATIVA	2
1.2 DEFINIÇÃO E DELIMITAÇÃO DO PROBLEMA	4
1.3 OBJETIVOS	5
1.3.1 <i>Objetivo geral</i>	5
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i>	5
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	6
2.1 PESQUISA OPERACIONAL.....	6
2.2 PROGRAMAÇÃO MATEMÁTICA.....	7
2.3 PROGRAMAÇÃO LINEAR.....	8
2.3.1.1 Modelos de programação linear	10
3 METODOLOGIA	13
3.1 SELEÇÃO DO PORTFÓLIO BIBLIOGRÁFICO	14
3.2 ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA.....	16
3.3 ANÁLISE SISTÊMICA	17
4 DESENVOLVIMENTO.....	19
4.1 SELEÇÃO DO PORTFÓLIO BRUTO	19
4.2 DEFINIÇÃO DO PORTFÓLIO FINAL.....	22
4.2.1 <i>Teste de Aderência das palavras chave</i>	22
4.2.2 <i>Triagem: Eliminação dos artigos repetidos</i>	22
4.2.3 <i>Triagem: Leitura de títulos</i>	23
4.2.4 <i>Definição da Relevância Acadêmica dos artigos</i>	23
4.2.4.1 Artigos com Relevância Acadêmica Comprovada	27
4.2.4.2 Artigos com Relevância Acadêmica Não comprovada – “Repescagem”	27
4.2.4.3 Formação do portfólio intermediário	28
4.2.4.4 Verificação da disponibilidade dos artigos.....	28
4.2.4.5 Leitura integral dos artigos e definição do portfólio final	28
4.3 ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA.....	30
4.3.1 <i>Análise bibliométrica dos artigos do Portfólio Final</i>	30
4.3.1.1 Análise de Citações	30
4.3.1.2 Análise do ano de publicação	32
4.3.1.3 Análise dos Periódicos	33
4.3.1.4 Análise dos Autores.....	34
4.3.1.5 Análise das Palavras chave.....	35
4.3.2 <i>Análise bibliométrica dos artigos das Referências do portfólio</i>	36
4.3.2.1 Análise das citações.....	36
4.3.2.2 Análise do ano de publicação	38
4.3.2.3 Análise dos Periódicos	38
4.3.2.4 Análise dos Autores.....	39
4.3.2.5 Definição do artigo de maior relevância acadêmica	41
4.4 REVISÃO SISTÊMICA	46
4.4.1 <i>Definição das Questões da Pesquisa</i>	46
4.4.2 <i>Análise dos Artigos</i>	46
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	56
5.1 CONTRIBUIÇÕES	56

5.2	DIFICULDADES E LIMITAÇÕES	56
5.3	TRABALHOS FUTUROS	58
6	REFERÊNCIAS	59

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 - PROCESSO DE SELEÇÃO DO PORTFÓLIO BRUTO.....	18
FIGURA 2 – <i>PRINTSCREEN</i> DA TELA DO <i>JABREF</i>	24
FIGURA 3 - GRÁFICO DE FREQUÊNCIA DE ARTIGOS POR NÚMERO DE CITAÇÕES.....	24
FIGURA 4- NÚMERO DE CITAÇÕES POR ARTIGO DO PORTFÓLIO.....	31
FIGURA 5 - FREQUÊNCIA ACUMULADA DE CITAÇÕES	32
FIGURA 6 - QUANTIDADE DE ARTIGOS <i>VERSUS</i> ANO DE PUBLICAÇÃO DOS ARTIGOS DO PORTFÓLIO	33
FIGURA 7 - PERIÓDICOS CITADOS NO PORTFÓLIO FINAL	34
FIGURA 8 - FREQUÊNCIA DE UTILIZAÇÃO DAS PALAVRAS-CHAVE DOS ARTIGOS DO PORTFÓLIO FINAL.....	36
FIGURA 9 - NÚMERO DE CITAÇÕES DOS 15 TRABALHOS MAIS CITADOS ENTRE AS REFERÊNCIAS DOS ARTIGOS DO PORTFÓLIO FINAL	37
FIGURA 10 - ANO DE PUBLICAÇÃO DOS ARTIGOS DAS REFERÊNCIAS.....	38
FIGURA 11 - FREQUÊNCIA DOS PERIÓDICOS DAS REFERÊNCIAS DOS ARTIGOS ANALISADOS.....	39
FIGURA 12 - AUTORES <i>VERSUS</i> QUANTIDADE DE PUBLICAÇÕES	40
FIGURA 13 - ARTIGOS DE MAIOR DESTAQUE NO PORTFÓLIO BIBLIOGRÁFICO.....	42
FIGURA 14 - SOFTWARES UTILIZADOS	49

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - RESULTADOS - PORTFÓLIO BRUTO	21
TABELA 2 - QUANTIDADE DE ARTIGOS APÓS O FILTRO "RELEVÂNCIA ACADÊMICA"	25
TABELA 3 - FREQUÊNCIA DE CITAÇÕES (RESULTADO COMPLETO)	26
TABELA 4 - PORTFÓLIO FINAL.....	29
TABELA 5 - PORTFÓLIO FINAL (CONTINUAÇÃO).....	30
TABELA 6 - - LISTA E FREQUÊNCIA DOS AUTORES DOS ARTIGOS DO PORTFÓLIO FINAL	35
TABELA 7 - TEMA ABORDADO PELOS AUTORES QUE MAIS PUBLICARAM ARTIGOS ENTRE AS REFERÊNCIAS DOS ARTIGOS DO PORTFÓLIO	40
TABELA 8 - TABELA PARA SÍNTESE DE DADOS USADOS NA DEFINIÇÃO DO ARTIGO DE MAIOR RELEVÂNCIA NO PORTFÓLIO	45

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1- RESULTADO DA ETAPA "REVISÃO SISTÊMICA"	47
--	----

LISTA DE SIGLAS E ABREVIACÕES

AHP	<i>Analytic Hierarchy Process</i> – Análise Hierárquica de Processos
BAB	Banco de Artigos Bruto
CO2	Símbolo químico do gás carbônico
DEA	<i>Data envelopment analysis</i> - Análise por envoltório de dados
ENEGEP	Encontro Nacional de Engenharia de Produção
ICIEOM	<i>International Conference on Industrial Engineering and Operations</i>
INPI	Instituto Nacional de Patentes Industriais
LabMCDA	Laboratório de Metodologias Multicritério em Apoio à Decisão
PO	Pesquisa Operacional
ProKnow-C	Knowledge Development Process – Constructivist
SBPO	Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional
SIMPEP	Simpósio de Engenharia de Produção da UNESP
SOBRAPO	Sociedade Brasileira de Pesquisa Operacional
UNESP	Universidade Estadual Paulista - Campus Bauru

1 INTRODUÇÃO

Para desenvolver uma boa pesquisa, o pesquisador deve saber qual o problema a ser resolvido e a revisão de literatura é fundamental neste processo, pois possibilita ao pesquisador conhecer outras publicações de outros pesquisadores sobre aquele mesmo problema, bem como garante confiabilidade aos dados e métodos utilizados, além de auxiliar o pesquisador a construir uma pesquisa bem estruturada que possibilite o seu próprio entendimento e do leitor (ECHER, 2001).

De acordo com Cauchick *et al.* (*apud* Vilela, 2012), “pesquisas fundamentadas em engenharia de produção costumam iniciar com a seleção de documentos de prestígio científico para a composição da fundamentação teórica e identificação de lacunas na literatura”.

A dificuldade de se desenvolver um trabalho científico vem do fato de existir uma grande quantidade de material de pesquisa disponível, tanto em meio físico, impressos em livros e outros recursos, quanto em meio digital, através das bases de dados disponíveis, e poucos critérios de seleção para este material, sendo assim necessário um longo processo de estudo e leitura com o objetivo de selecionar os melhores conteúdos.

Segundo Junior *et al.* (2011), “para que se construa um referencial teórico robusto e de relevância acadêmica é preciso fazer o uso de um processo capaz de consolidar as informações de maneira consistente”, e é dessa necessidade de lidar com um grande volume de dados que se desenvolveu a metodologia de seleção do referencial bibliográfico *ProKnow-C* (*Knowledge Development Process – Constructivist*) Enslinn *et al.* (*apud* Afonso *et al.*, 2012), que se baseia em quatro etapas: 1) seleção do portfólio bibliográfico, 2) análise bibliométrica do portfólio, 3) revisão sistêmica do material e 4) definição dos objetivos da pesquisa.

A seleção do portfólio bibliográfico consiste basicamente em criar um conjunto de artigos relacionados ao tema da pesquisa, através da busca de palavras-chaves específicas nos filtros de busca das bases de dados pré-determinadas, e em seguida realizar a filtragem destes artigos, com base no seu alinhamento com o tema da pesquisa, número de citações e atualidade do material.

A análise bibliométrica visa fazer um levantamento de informações relevantes ao conjunto de artigos determinado pela utilização de meios quantitativos, enquanto a revisão sistêmica

centra sua análise no conteúdo dos artigos, seguindo as etapas de definição de eixos de pesquisa, leitura aprofundada dos artigos, extração de informações relevantes ao eixo de pesquisa (JUNIOR *et al.* 2011). No presente trabalho não foi realizada a etapa de definição de pesquisas locais e pergunta global da pesquisa, parte da metodologia original.

A principal premissa para se selecionar um portfólio bibliográfico é definir um eixo de pesquisa. Neste Trabalho de Conclusão de Curso, o eixo de pesquisa escolhido foi a Programação Linear, assunto pertencente à Programação Matemática, subárea da Pesquisa Operacional.

O presente trabalho foi estruturado da seguinte maneira: primeiramente serão apresentados os motivos que justificam a seleção dos artigos de maior relevância no meio acadêmico sobre o tema de pesquisa, em seguida uma revisão de literatura foi desenvolvida com o objetivo de auxiliar na construção de conhecimento sobre o tema; posteriormente a metodologia e o desenvolvimento serão apresentados e detalhados de maneira que facilite ao leitor o entendimento de todos os processos que foram desenvolvidos neste trabalho bem como seus resultados. Finalizando, o tópico “Considerações Finais” apresentará a contribuição obtida com o desenvolvimento deste trabalho, as dificuldades e limitações serão listadas bem como as possibilidades de trabalhos futuros serão comentadas.

1.1 Justificativa

Após a expansão da Revolução Industrial e a chegada de novas tecnologias, as organizações vêm aumentando significativamente seus níveis de serviços, contribuindo com o aumento da competitividade, e conseqüentemente, aumento dos investimentos em qualidade de produtos e serviços, redução de custos, eliminação de desperdícios em geral, por exemplo.

Esses fatores são influenciados pela complexidade da organização, que à medida que se torna maior, fica mais difícil alocar os recursos disponíveis de forma mais eficiente a toda a empresa, e conseqüentemente, mais difícil gerenciar todas as variáveis envolvidas nos processos, o que impede, muitas vezes, que a tomada de decisão seja orientada por dados confiáveis (HILLIER e LIEBERMAN, 2013).

De acordo com Hillier e Lieberman (2013), a dificuldade de alocação de recursos e a necessidade de encontrar o melhor caminho para solucionar os problemas das empresas criaram condições necessárias para o surgimento da pesquisa operacional.

A ABEPRO (Associação Brasileira de Engenharia de Produção) define que:

A Pesquisa Operacional auxilia na resolução de problemas reais envolvendo situações de tomada de decisão, através de modelos matemáticos habitualmente processados computacionalmente. Baseia-se na aplicação de conceitos e métodos de outras disciplinas científicas na concepção, no planejamento ou na operação de sistemas para atingir seus objetivos. Procurando, assim, introduzir elementos de objetividade e racionalidade nos processos de tomada de decisão (ABEPRO, 2008).

Para Silva *et. al* (1998), a Pesquisa Operacional é um método que “consiste na descrição de um sistema organizado com o auxílio de um modelo, e através da experimentação com o modelo, na descoberta da melhor maneira de operar o sistema”.

O elemento essencial da Pesquisa Operacional é a modelagem matemática onde a solução destes modelos fornece a base para a tomada de decisão nas organizações, entretanto, elementos intangíveis e imensuráveis, como o comportamento humano, devem ser considerados antes de definir a decisão final de um problema (TAHA, 2003).

Dentro da Pesquisa Operacional, técnicas foram desenvolvidas como formas de solução dos mais diversos problemas envolvendo escassez de recursos e a necessidade de simular situações diversas para apoiar a tomada de decisão. Dentre essas técnicas pode-se citar a programação linear, a teoria das filas, simulação, teoria dos jogos, programação dinâmica e o PERT/CPM.

O advento da programação linear, segundo Hillier e Lieberman (2013), foi um dos mais importantes avanços científicos dos meados do século XX, e hoje é considerada uma ferramenta que já auxiliou milhares de empresas a poupar milhões de dólares, fazendo parte de suas rotinas de planejamento.

O termo programação refere-se a planejamento e embora os recursos computacionais sejam bastante utilizados em solução de problemas, seu significado não deve ser confundido com programação de computadores. Portanto, a Programação Linear é uma técnica de planejamento baseada em matemática e economia.

Analisando a segundo linha de pesquisa deste trabalho, verifica-se que a criação de artigos de pesquisa e trabalhos acadêmicos é fundamental para o crescimento do conhecimento sobre os

mais diversos temas de estudo disponíveis no campo da ciência. A Revisão de literatura, por sua vez, é a primeira etapa de uma pesquisa científica, de modo que se revise a literatura existente e não se redunde o tema de pesquisa, podendo ser entendida como uma “varredura” de tudo que já foi pesquisado sobre o assunto (MACEDO, 1995).

Nas bases de dados disponíveis aos pesquisadores encontra-se um grande número de artigos, trabalhos acadêmicos, dissertações, teses e afins, de forma que se torna difícil determinar qual recurso será utilizado na construção do conhecimento necessário para o seu trabalho.

A dificuldade de selecionar conteúdo dentre a imensidão de informações disponíveis leva o pesquisador a pensar em formas de selecionar o material que deseja para criar o conhecimento necessário para o desenvolvimento de seu estudo (PENTEADO *apud* AFONSO *et al*, 2012).

Um portfólio bibliográfico é um conjunto de artigos considerados alinhados a determinado tema de pesquisa baseado em critérios estabelecidos pelo método de seleção escolhido e é uma forma de gerenciar o grande volume de informações disponível nas bases de dados. Desde que o pesquisador cumpra rigorosamente às etapas do processo de seleção, o portfólio pode servir como ferramenta de garantir conhecimento confiável e com relevância científica garantida por um processo longo de filtragem e seleção.

Este trabalho de conclusão de curso se faz necessário por buscar definir um portfólio bibliográfico confiável e relevante sobre Programação Linear, salientando sua importância dentro da Engenharia de Produção como ferramenta de solução de problemas organizacionais rotineiros ou não em diferentes situações e cenários, além de revelar as mais variadas formas e campos de aplicação da programação linear e as ferramentas utilizadas em cada caso. Desta forma, este portfólio também poderá auxiliar novos pesquisadores desta área da Pesquisa Operacional, além de enfatizar práticas ou casos de sucesso da aplicação de ferramentas desta área no meio empresarial.

1.2 Definição e delimitação do problema

Por meio do levantamento de artigos relacionados à Programação Linear em bases de dados estabelecidas por critérios quantitativos, com base no Método *ProKnow-C (Knowledge Development Process – Constructivist)*, será possível definir o Portfólio bibliográfico bruto, que a partir do qual será realizada uma sequência de filtrações, eliminando aqueles artigos que

não são condizentes com o tema ou que não estão de acordo com os parâmetros definidos, o que permitirá a formação do Portfólio Final.

Tendo finalizado o processo de seleção serão utilizadas métricas quantitativas para realizar a análise bibliométrica do portfólio final, sendo possível caracterizar o material coletado em relação ao grau de relevância dos periódicos pesquisados e dos autores dos artigos; ao grau de reconhecimento científico destes artigos e de suas referências e às palavras-chaves utilizadas com mais frequência.

Por fim, será realizada a revisão sistêmica do portfólio, analisando o conteúdo dos artigos, determinando os principais conceitos utilizados e as técnicas de solução de problemas de Programação Linear mais utilizadas. Além disso, objetiva-se responder questões relevantes à Programação Linear, como qual o método mais utilizado na solução desses problemas; qual tipo de ferramenta mais usada; em quais áreas de Engenharia de Produção os problemas de Programação Linear se aplicam. Enfim, a análise sistêmica terá a função de formar um guia de conhecimentos relativos à Programação Linear.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo geral

Definir um portfólio bibliográfico de artigos referentes à Programação Linear.

1.3.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- Definir bases de dados confiáveis e relevantes para realizar a pesquisa;
- Revisar a literatura sobre programação linear e o método *ProKnow-C*;
- Definir portfólio bruto com o maior número possível de artigos para seleção;
- Realizar a filtragem dos trabalhos;
- Realizar a análise bibliométrica do portfólio final e fazer a caracterização do mesmo;
- Analisar sistematicamente o conteúdo selecionado.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Pesquisa Operacional

O termo pesquisa operacional é uma tradução do termo inglês *operational research*, o qual surgiu na Inglaterra em meados de 1934 com a invenção do radar. Alguns anos depois, neste mesmo país, foi criada a Estação de Pesquisa Manos Bawdsey, pelo Ministério da Aviação, com o objetivo de estudar de que forma a tecnologia do radar poderia interceptar aviões inimigos. O termo Pesquisa Operacional é atribuído ao Superintendente da Estação, A. P. Rowe, que coordenava grupos que examinavam a eficiência das técnicas de operações advindas de experimentos com interceptação de radar (ARENALES *et al.*, 2006).

Em 1941, ainda na Inglaterra, foi criada a Seção de Pesquisa Operacional do Comando da Força Aérea de Combate, que continha equipes envolvidas em problemas de operações de guerra, como manutenção de inspeções de aviões, escolha do melhor avião para cada missão, melhorias na probabilidade de destruição de submarinos, controle de artilharias antiaéreas e dimensionamento de comboios de frota. Ainda conforme Arenales *et al.* (2006), a Pesquisa Operacional ganhou notoriedade após a Segunda Guerra Mundial, quando evoluiu rapidamente na Inglaterra e Estados Unidos, sendo neste último que surgiram estudos sobre o método simplex, forma de resolver problemas de Programação Linear, criado pelo matemático George Dantzig.

Após o término da guerra, muitos dos cientistas que trabalharam com Pesquisa Operacional militar foram desmobilizados de guerra e iniciaram seus estudos e aplicações do método científico e técnicas de pesquisa operacional em soluções de problemas industriais. Livros didáticos sobre esse assunto começaram a ser publicados na década de 1950, e a pesquisa operacional foi reconhecida como uma matéria acadêmica formal. Desde a publicação dos primeiros livros de Pesquisa Operacional há quase 50 anos, pesquisadores têm escrito milhares de artigos descrevendo os desenvolvimentos teóricos e aplicações práticas da pesquisa operacional em diferentes áreas (PARLAR, 2000).

De acordo com Hillier e Lieberman (2013), a evolução nos estudos na área após o fim da guerra foi um dos fatores que contribuíram em larga escala com o progresso das técnicas de PO (Pesquisa Operacional). Outro fator que influenciou fortemente este progresso foi a revolução computacional que proporcionou o desenvolvimento das ferramentas de PO, pois se

requer grande volume de processamento de dados para resolver problemas complexos da área, e fazer a mão estava fora de cogitação.

O desenvolvimento dos computadores eletrônicos digitais capazes de realizar cálculos matemáticos e posteriormente o desenvolvimento de excelentes pacotes de *software* para a Pesquisa Operacional proporcionaram que a PO estivesse ao alcance de um maior número de pessoas no século XXI (HILLIER E LIEBERMAN, 2013).

Segundo Goldberg e Luna (2000), a Pesquisa Operacional é uma disciplina que congrega as mais diversas técnicas de modelagem matemática, onde os modelos são estruturados de forma lógica e são amparados por ferramentas de representação, que objetivam abertamente a determinação das melhores opções de funcionamento para os sistemas representados.

2.2 Programação Matemática

Seja qual for o ambiente, a necessidade de se trabalhar com recursos limitados é iminente e maior a cada dia que passa. Com isso surge a dificuldade de se gerenciar estes recursos escassos e aplicá-los da melhor forma possível, maximizando ou minimizando seu objetivo inicial.

A área da Pesquisa Operacional que estuda a otimização dos recursos é denominada Programação Matemática. Esta é responsável por tratar de problemas de decisão, e procura de certa forma, imitar o problema real pelo uso de modelos matemáticos (ARENALES *et al.*, 2006).

Na programação matemática é possível utilizar uma função matemática dos recursos em análise (variáveis de decisão) para descrever a quantidade a ser maximizada ou minimizada dos mesmos.

De acordo com Lachtermacher (2002), são utilizadas expressões, inequações ou equações, como forma de formalizar as restrições, ou seja, as relações entre as variáveis do problema, criando um modelo matemático para representar a situação em estudo. Após a resolução deste modelo através de técnicas matemáticas e determinando valores para as variáveis de decisão, o próximo passo é validar o modelo, isto é, verificar se as soluções obtidas são compatíveis com a realidade, alterando-se dados do problema e fazendo novas análises.

As soluções obtidas pelo modelo apoiam a tomada de decisão, porém não substituem os tomadores de decisão, que devem ser capazes de analisar todos os outros fatores não quantificáveis que estão envolvidos nos processos e também devem ser avaliados no momento da decisão final.

Para Bowersox *et al.* (2006), os métodos de programação matemática, classificadas como técnicas de otimização são as ferramentas de planejamento logístico estratégico e tático mais utilizadas.

A otimização de recursos pode ser utilizada em: alocação de recursos em geral, escalonamento da produção, determinação de mix de produção, roteamento e logística, problemas de agroindústria, carteiras de investimento e etc..

Lachtermacher (2002) citou em sua obra que a programação matemática é uma área bastante complexa e extensa e por isso é dividida em subáreas, de acordo com o tipo de função utilizada na função objetivo e das restrições. Entre essas áreas, pode-se citar:

- Programação Linear – Programação matemática onde as funções-objetivo e as restrições são apresentadas na forma linear;
- Programação Não-Linear – Programação Matemática em que pelo menos uma das funções-objetivo e/ou restrições são apresentadas por funções não lineares.

2.3 Programação Linear

Estudos de Fourier, por volta de 1826 trouxeram os primeiros indícios do desenvolvimento da programação linear, em seu estudo sobre sistemas de inequações lineares, entretanto, o auge desta área de estudo ocorreu na década de 40, com a Segunda Guerra Mundial, quando George Dantzig desenvolveu o Algoritmo Simplex, que era utilizado para resolver problemas de otimização aplicados à problemas logísticos da Força Aérea dos Estados Unidos (PEREIRA, 2011). Desta forma a programação linear se tornou a primeira técnica específica e hoje, é a mais básica e útil de todas as técnicas de Pesquisa Operacional (PEREIRA, 2013).

A programação linear, como já dito, é assim chamada por ter suas funções-objetivos e restrições na forma linear.

Segundo Goldberg e Luna (2000), a programação linear é um importante caso de modelos de programação “devido à eficiência dos algoritmos de solução existentes e a possibilidade da transformação dos modelos de Programação Não-Linear em modelos de Programação Linear”.

Este método é muito utilizado como forma de solucionar problemas onde recursos limitados competem entre si, e há a necessidade de alocá-los da melhor forma possível com objetivo de aumentar lucros, receitas, minimizar despesas ou em outras situações possíveis. De acordo com Scalabrin *et al.* (2006), os benefícios da programação linear são procurados pela maioria das empresas: diminuição de custos e aumento dos lucros.

Além disso, segundo Hillier e Lieberman (2013), o problema de alocação de recursos envolve selecionar o nível das atividades que competem entre si que são necessárias para realizar essas mesmas atividades. Assim, é determinado quanto de cada recurso será consumido em cada atividade.

Em geral, esta técnica permite resolver inúmeros problemas e é uma boa escolha quando há a necessidade de definir qual a melhor combinação de materiais, mão de obra, recursos físicos que proporcione maximizar, minimizar ou igualar certo item (GARCÍA, *apud* SCALABRIN *et al.*, 2006).

Este é um método bastante interessante porém não é o único voltado à solução de problemas sujeitos à restrições. As restrições à aplicação dos recursos escassos podem ser da ordem de forma de emprego desses recursos ou das quantidades disponíveis.

A programação linear também é bastante utilizada em planejamento estratégico logístico, bem como em problemas operacionais, como programação de produção, alocação de estoques, definição de mix de produção entre outros.

Lachtermacher (2002) afirma que para um problema de programação linear estar sob a forma padrão, deve ser apresentado como maximização da função objetivo e todas as restrições devem ser do tipo menor ou igual, assim como devem apresentar termos constantes e as variáveis de decisão não negativas. Os avanços computacionais têm contribuído com os avanços em Pesquisa Operacional, bem como com os métodos de solução de problemas de programação linear. Estes problemas podem ser solucionados graficamente ou analiticamente.

De acordo com Pereira (2013), o conceito de modelo é essencial no estudo da Pesquisa Operacional, inclusive no contexto da Programação Linear, e permite a idealização ou visão simplificada da realidade através da aplicação de símbolos para representar variáveis de decisão do sistema real em estudo. Para Arenales *et al.* (2006), “um modelo é usado como objeto abstrato, que procura imitar as principais características de um objeto real para fins de representar este objetivo real”. Neste processo ocorre a inter-relação destas variáveis por funções matemáticas de modo que se expresse da melhor forma possível o funcionamento de um sistema.

Segundo Ballou (2006), modelos de otimização são basicamente procedimentos matemáticos precisos para se realizar a avaliação de uma situação, buscando-se alternativas que garantam a solução ótima de acordo com sua proposição matemática, ou seja, que possa ser comprovado matematicamente que a solução apresentada é a melhor.

A solução ótima é representada pelos valores encontrados para as variáveis de decisão de forma que o sistema seja otimizado.

2.3.1.1 Modelos de programação linear

Segundo Pereira (2013), os modelos de programação linear tem as seguintes características:

- Uma função-objetivo: determinada por uma função linear das variáveis de decisão e que deve ser otimizada (maximizada ou minimizada);
- As inter-relações entre as variáveis de decisão são expressas pelas restrições, que são um conjunto de equações e inequações englobando tais variáveis;
- As variáveis de decisão devem ser positivas ou nulas, ou seja, não negativas.

Para trabalhar com um problema de programação linear é necessário levantar todas as restrições que limitam o processo e definir um objetivo para o problema.

Definido o objetivo, a função objetivo deve ser escrita por meio de variáveis de decisão, que são aquilo que se deseja descobrir através da solução ótima.

Assim, deve-se definir também quais etapas consomem os recursos disponíveis e em quais proporções. Estas informações serão resumidas em forma de equações e inequações lineares,

uma para cada recurso. O conjunto de equações e inequações da origem às restrições do modelo (SCALABRIN *et al.*, 2006).

O objetivo do modelo é encontrar a solução ótima para a função objetivo, que é o lucro máximo ou o custo mínimo, através da função definida e o conjunto de restrições do modelo.

Em geral, um modelo de programação linear tem aspecto conforme descrito pelas equações abaixo:

Maximizar
$$Z(x) = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n \quad (1)$$

Sujeito à:

$$\left\{ \begin{array}{l} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n \leq b_1 \quad (2) \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n \leq b_2 \quad (3) \\ \vdots \\ a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n \leq b_m \quad (4) \\ x_1, x_2, \dots, x_n \geq 0 \quad (5) \end{array} \right.$$

De forma que se interprete o problema acima, considera-se uma empresa que possui m recursos disponíveis para a fabricação de n produtos diferentes. Desta forma, para os produtos $j = 1, 2, \dots, n$ e recursos $i = 1, 2, \dots, m$, tem-se:

- x_j = Nível de produção do produto j . Os x_j ($j = 1, 2, \dots, n$) são as variáveis de decisão;
- c_j = Lucro unitário do produto j ;
- b_i = Quantidade disponível do recurso i . ($b_i \geq 0$);
- a_{ij} = Quantidade de recursos i consumida na produção de uma unidade de produto j .

A função objetivo representa o lucro total da empresa nas n atividades desempenhadas que deve ser maximizado.

As m restrições informam que o total do recurso i gasto nas atividades n deve ser menor ou no máximo igual à quantidade b_i disponível daquele recurso.

As restrições $x_j \geq 0$ ($j = 1, 2, \dots, n$) mostra que o nível de produção dos produtos não deve ser menos que zero.

De acordo com Pereira (2011), algumas observações podem ser feitas acerca dos problemas de programação linear:

- 1) Todo problema de minimização pode se converter em um problema de maximização, seguindo a transformação abaixo:

Minimizar $Z = -$ Maximizar $(-Z)$

- 2) Qualquer restrição de desigualdade de maior ou igual pode se converter em restrição de menor ou igual, bastando multiplicar ambos os membros da desigualdade por (-1) , logo:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \geq b_i \Leftrightarrow \sum_{j=1}^n (-a_{ij}) x_j \leq -b_i \quad (6)$$

Qualquer restrição de igualdade pode ser convertida em duas restrições de desigualdade que conjuntamente são equivalentes àquela, ou seja,

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j = b_i \Leftrightarrow \left(\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq b_i \quad \wedge \quad \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \geq b_i \right) \quad (7)$$

Uma variável livre (sem restrição de sinal) pode ser substituída pela diferença de variáveis não negativas, obtendo-se um novo problema, em termos das novas variáveis, equivalente ao anterior.

Desta forma, segundo Pereira (2011), qualquer problema de programação linear pode ser escrito na forma (1).

Alguns conceitos importantes da programação linear, segundo Pereira (2013):

- Solução Viável – em um problema de programação linear, solução viável é um vetor que estabelece os valores das variáveis que satisfazem todas as restrições;
- Região Viável – Conjunto de todas as soluções viáveis;
- Solução Ótima – É uma solução viável que minimiza ou maximiza a função objetivo de acordo com o desejado.

3 METODOLOGIA

O objetivo deste trabalho, como dito anteriormente, foi definir um portfólio de artigos relacionados à Programação Linear, de forma que possa contribuir com a construção de conhecimento nesta área. Para isto, o método *ProKnow-C*, desenvolvido pelo LabMCDA (Laboratório de Metodologias Multicritério em Apoio à Decisão) da Universidade Federal de Santa Catarina e patentado pelo INPI (Instituto Nacional de Patentes Industriais), foi escolhido por apresentar as etapas necessárias para este processo, e proporcionar que a definição deste portfólio fosse feita com auxílio de métodos quantitativos que garantissem confiabilidade ao processo.

Em relação a seu enquadramento metodológico e de acordo com os critérios de classificação definidos por Silva e Menezes (2005) é possível categorizar esta pesquisa de acordo com quatro aspectos: natureza da pesquisa, abordagem do problema, ponto de vista dos objetivos e ponto de vista dos procedimentos técnicos.

Quanto à natureza da pesquisa, se tratou de uma pesquisa aplicada, com o objetivo de gerar conhecimento para aplicação prática, apresentando um portfólio de artigos relevante e que possa ser utilizado em futuras pesquisas relacionadas à Programação Linear.

Quanto à abordagem do problema, tratou-se de uma pesquisa quantitativa, por traduzir em números os critérios utilizados para caracterização e filtragem dos artigos pesquisados.

Quanto ao ponto de vista dos objetivos, tratou-se de uma pesquisa exploratório-descritiva. Exploratória por criar conhecimento sobre o tema a partir do processo de seleção e análise dos artigos e descritiva por apresentar as características dos artigos selecionados, nas etapas de análise bibliométrica e revisão sistêmica (ENSLINN *et al.* 2012).

Quanto ao ponto de vista dos procedimentos técnicos, tratou-se de uma pesquisa bibliográfica, pois utilizou os materiais científicos publicados como forma de criação de conhecimento.

De acordo com Enslinn (2012), o método *ProKnow-C* é composto de quatro etapas:

- I. Seleção de artigos sobre o tema da pesquisa que compõem o portfólio;
- II. Análise bibliométrica do portfólio;
- III. Análise sistêmica;

IV. Definição da pergunta de pesquisa e objetivo da pesquisa.

Neste trabalho de conclusão de curso foram aplicadas apenas as etapas i), ii) e iii), de forma que não foi definida a pergunta e os objetivos da pesquisa.

3.1 Seleção do Portfólio Bibliográfico

O processo de seleção de portfólio bibliográfico possui suas etapas determinadas pela metodologia *ProKnow-C*, definido por Afonso *et al.* (2012), e pode ser visualizado na Figura 1.

Ao iniciar o procedimento, foi necessário definir claramente quais eram os eixos de pesquisa do trabalho, segundo a percepção do autor. Para este trabalho existiu apenas um eixo de pesquisa, relacionado ao tema central do estudo, ou seja, Programação linear.

Assim que o eixo da pesquisa foi definido, foi necessário definir quais as palavras-chaves que seriam utilizadas para se realizar a busca dos artigos científicos nas bases de dados disponíveis. Essas palavras poderiam ser usadas combinadas ou separadamente, e deveriam traduzir de forma clara o tema da pesquisa escolhido.

Assim que foram definidas as palavras-chaves, o próximo passo foi definir quais bases de dados seriam utilizadas como fonte de pesquisa. Não houve um critério definido para fazer esta escolha, podendo esta ter sido feita de acordo com a experiência do autor, que poderia optar por uma base de dados que possuísse assuntos referentes à área de pesquisa, ou poderia ter sido feito um teste nas bases de dados conhecidas, onde as palavras-chaves seriam inseridas nos mecanismos de busca, e aquela base que retornasse o maior número de artigos relacionados ao assunto seria a base escolhida para se desenvolver o processo da pesquisa.

Definidas as palavras-chaves e as bases de dados, o próximo passo foi realizar a pesquisa dos artigos científicos e armazenar todos aqueles que aparentemente fossem relevantes e alinhados com o tema da pesquisa.

No presente trabalho, estes artigos foram gerenciados por meio do *Software JabRef*, que além de oferecer as informações relativas a cada artigo, oferece a oportunidade de ter acesso ao arquivo do artigo sempre que necessário.

Os artigos pesquisados e inicialmente armazenados compunham o portfólio bruto, o qual deveria passar por um processo de filtragem a fim de definir o portfólio bibliográfico final, composto de artigos realmente relevantes e adequados.

Após definir o banco de dados bruto, foi realizado o teste de aderência das palavras-chave, ou seja, foi realizada a leitura de ao menos dois artigos dentre os retornados no processo de busca, e verificado se as palavras-chave destes coincidiam com aquelas definidas para se realizar o processo de busca. Caso fosse confirmada a relevância das palavras-chave, o processo continuaria, caso contrário, deveria-se buscar novas palavras-chave e repetir o processo descrito acima (AFONSO *et al.*, 2012).

Definido o portfólio bruto e garantida a aderência das palavras-chave, caso fosse utilizada mais de uma base de dados, deveriam ser eliminados todos os artigos científicos repetidos disponíveis no acervo inicial e aqueles arquivos que não são classificados como artigos.

A segunda etapa do processo de filtragem foi a leitura dos títulos dos artigos e exclusão daqueles que não apresentassem alinhamento com o eixo de pesquisa definido. Esta etapa justifica-se devido ao fato da pesquisa realizada pelos filtros de busca não serem realizadas apenas nos títulos e nas palavras chaves, muitas vezes essas palavras podem estar presentes no corpo dos textos de artigos científicos que não apresentarem relevância para esta pesquisa. (AFONSO *et al.*, 2012).

Em seguida, foi definido o grau de relevância acadêmica de cada artigo, ou seja, foi definido o número de citações que cada artigo possui no *Google Scholar*, o qual é facilmente obtido através da busca do nome do artigo nesta ferramenta do *Google* (ENSLINN *et al.*, 2012).

Definida a quantidade de citações de cada artigo, foi definido um ponto de corte para a classificação dos artigos em Artigos com relevância acadêmica comprovada e Artigos com relevância acadêmica não comprovada. Segundo Afonso *et al.*, (2012), a metodologia *ProKnow-C* sugere que se calcule a representatividade de cada artigo em relação ao portfólio bruto, em relação ao número de citações, e que se utilize um ponto de corte de 85%.

Neste ponto do processo existiram dois caminhos a seguir. O primeiro refere-se ao processamento dos artigos classificados como “Com relevância acadêmica”. Após essa classificação, foi realizada a leitura dos resumos destes artigos e verificado o alinhamento dos mesmos com o eixo de pesquisa. Finalizada a seleção e exclusão dos artigos, foi criada uma

lista com os nomes dos autores de todos os artigos com relevância acadêmica mantidos até o instante no processo de filtragem. Esta lista foi chamada de “Banco de Autores”.

Aqueles artigos classificados como “Com relevância acadêmica não comprovada”, foram submetidos a duas análises: ano de publicação e leitura do resumo.

Se o artigo tivesse sido publicado em até 2 anos, o resumo do mesmo seria lido e classificado posteriormente como “artigo com relevância acadêmica comprovada”. Caso o resumo mostrasse que o tema do artigo não estava alinhado ao tema da pesquisa, o artigo seria excluído.

Caso o artigo tivesse sido publicado há mais de 2 anos, seria analisado se o autor do mesmo estava presente no Banco de Autores, caso estivesse, seria feita a leitura do resumo e realizada a classificação do artigo, caso contrário, o artigo seria excluído.

Ao fim desse processo, foi realizada a análise da disponibilidade do artigo completo para leitura. Caso o artigo não estivesse disponível para leitura completa na base de dados ao qual estava indexado, o mesmo seria excluído do portfólio atual.

Após esta análise, o número de artigos que compunham o portfólio atual foi bastante reduzido, se comparado com o portfólio inicial, e este fato possibilitou que todos os artigos que chegassem até esta etapa da seleção fossem lidos, de modo que o autor tivesse a possibilidade de avaliar se o tema do artigo estava realmente adequado com o eixo de pesquisa estabelecido, e aqueles que não estivessem alinhados, deveriam ser excluídos do ógruop. Após esta etapa, o portfólio bibliográfico referente ao tema da pesquisa foi finalizado e pronto para seguir à próxima etapa deste trabalho, a análise bibliométrica.

3.2 Análise Bibliométrica

De acordo com Enslinn *et al.* (*apud* Afonso *et al.*, 2012), a “análise bibliométrica tem como objetivo evidenciar informações sobre o portfólio bibliográfico obtido por meio da análise e quantificação de suas características”.

- Grau de relevância dos periódicos: nesta etapa foram determinados em quais periódicos ocorreram os maiores números de publicações, bem como em quais

periódicos foi publicado o maior número de artigos presentes nas referências bibliográficas dos artigos selecionados;

- Grau de reconhecimento científico do artigo: nesta etapa foi determinada a quantidade de citações de cada artigo do portfólio, bem como a quantidade de citações de cada artigo presente nas suas respectivas referências bibliográficas;
- Grau de relevância dos autores: Nesta etapa foi analisado qual (is) o (s) autor (es) mais citado (s) nos artigos do portfólio, bem como em suas referências;
- Palavras-chave mais utilizadas: Por fim, nesta foram analisadas as palavras-chave mais utilizadas nos artigos selecionados, e comparadas com as palavras-chave utilizadas no início do processo de busca por estes artigos.

3.3 Análise sistêmica

A última etapa deste trabalho foi a revisão sistêmica, também parte do processo *ProKnow-C*, já apresentado anteriormente.

Esta etapa permitiu analisar profundamente as diversas abordagens utilizadas nos artigos selecionados para o portfólio sobre o tema da pesquisa, bem como avaliar os aspectos de destaque e aqueles que demandam melhorias.

Também nesta etapa foi criada uma planilha para armazenar os dados relevantes da análise dos artigos.

É por meio desta análise que foram avaliados os conceitos dos temas do eixo de pesquisa escolhido, a apresentação dos pontos relevantes sobre o assunto, a avaliação destes pontos.

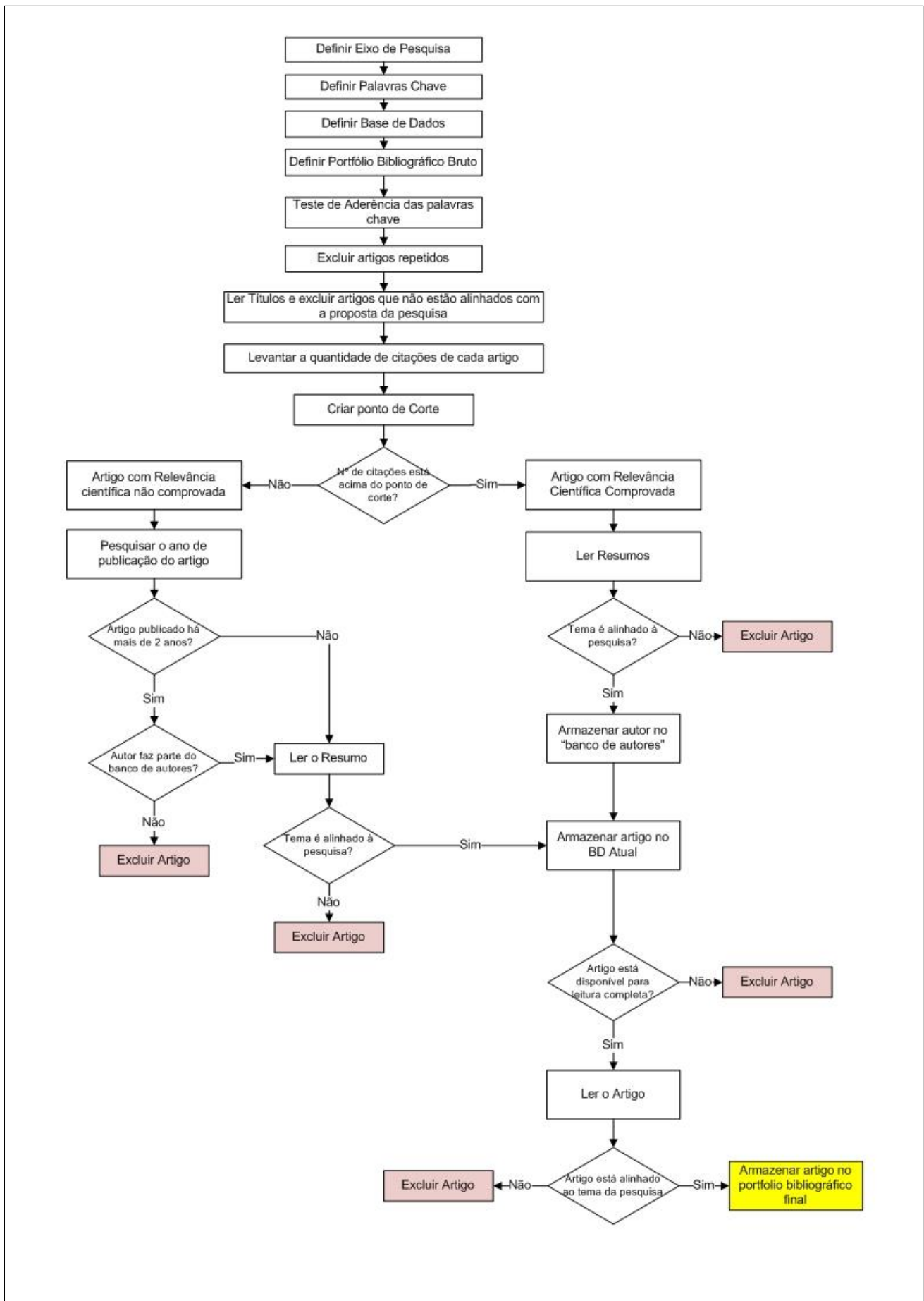


Figura 1 - Processo de Seleção do Portfólio Bruto

Fonte – Adaptação de Afonso *et al.* (2012)

4 DESENVOLVIMENTO

4.1 Seleção do Portfólio Bruto

Ao iniciar o processo de seleção do portfólio bruto foi definido o eixo de pesquisa que guiou todas as demais etapas do processo de seleção de artigos. Para este trabalho foi utilizado apenas um eixo, relacionado ao tema central da pesquisa, ou seja, Programação Linear.

Assim que o eixo da pesquisa foi definido, o próximo passo foi definir quais as palavras-chaves que seriam utilizadas para realizar a busca dos artigos científicos nas bases de dados disponíveis. De forma que se traduzisse de forma clara o eixo da pesquisa, foram escolhidas as seguintes palavras-chaves:

- Programação Linear;
- Otimização Linear;
- *Linear Programming*;
- *Linear Optimization*.

Foram escolhidas as palavras programação e otimização linear, pois ambas tratam do mesmo assunto e podem ser encontrados trabalhos sobre mesmo tema utilizando ambos os termos. Palavras em inglês e português foram empregadas na pesquisa, pois o inglês é uma língua internacionalmente aceita para a redação de trabalhos científicos e o português é necessário para evitar a exclusão de trabalhos relevantes de autoria de pesquisadores brasileiros.

Assim que foram definidas as palavras-chaves, o próximo passo foi definir quais bases de dados seriam utilizadas como fonte de pesquisa. A escolha das bases de dados deste trabalho foi feita através de sugestões da professora orientadora e de experiências de outros acadêmicos que realizaram pesquisas acadêmicas desta mesma natureza. De forma que se obtivesse um maior número de artigos relacionados ao tema, também foram utilizados anais de eventos conhecidos da área de Engenharia de Produção e da Pesquisa Operacional. As bases de dados e os anais de eventos utilizados como fonte de pesquisa de artigos foram:

- *Scielo*;
- *Engineering Village (Compendex)*;

- *EBSCOhost*;
- *IEEE Xplore*;
- *ACM Digital Library*;
- *Scopus*;
- *Scirus*;
- SOBRAPO – Sociedade Brasileira de Pesquisa Operacional e anais do SBPO (Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional);
- ENEGEP – Encontro Nacional de Engenharia de Produção;
- SIMPEP – Simpósio de Engenharia de Produção da UNESP (Universidade Estadual Paulista - Campus Bauru);
- ICIEOM – International Conference on Industrial Engineering and Operations Management.

Definidas as palavras-chave e as bases de dados, o próximo passo foi realizar a pesquisa dos artigos científicos e armazenar todos aqueles que se enquadrassem aos critérios de seleção, que basicamente eram conter alguma das palavras-chave no título do artigo e terem sido publicados no período entre 2005 e 2012.

Para a pesquisa nas bases de dados foram utilizadas as palavras-chave combinadas com o operador lógico (ou booleano) “OR”. Desta maneira, o artigo seria selecionado pela ferramenta de busca se pelo menos uma das palavras-chave fosse encontrada nos títulos dos artigos.

Além disso, nesta etapa foi utilizado o software *JabRef* para auxiliar no armazenamento e gerenciamento dos artigos selecionados.

Como a pesquisa na maioria das bases de dados retornavam grandes quantidades de artigos, uma importante particularidade dessas bases auxiliou de forma extraordinária a importação dos dados diretamente da base para o *JabRef*. Este fato ocorreu pois algumas bases permitiam que os artigos fossem selecionados em grandes quantidades e posteriormente fossem

exportados para um arquivo *.bib*, que pode ser lido por softwares de gerenciamento de referências bibliográficas e funciona como um compactador de artigos. Em seguida, esse arquivo compactado é facilmente importado para uma base de dados criada no *JabRef*, onde variadas informações a respeito de cada artigo são preenchidas automaticamente com a importação.

Aquelas bases que não possuíam esta ferramenta de exportação direta de referências foram excluídas da lista de bases de dados que seriam utilizadas neste trabalho, devido à necessidade de grande esforço operacional do autor, o que não seria viável. As únicas bases de dados que foram excluídas por este motivo foram *EBSCOhost* e *ACM Digital Library*.

Os anais de eventos também não possuem tal recurso, entretanto, por terem retornado um número relativamente baixo de artigos, estes puderam ser facilmente baixados e cadastrados manualmente no software *JabRef*.

Concluída a pesquisa realizada em 09 de junho de 2013, o portfólio bruto apresentou um total de 5706 artigos, distribuídos nas bases de dados conforme a Tabela 1.

Tabela 1 - Resultados - Portfólio Bruto

<i>Base de Dados</i>	<i>Quantidade de Artigos</i>
<i>Scopus</i>	2369 (apenas 2000 estavam disponíveis)
<i>Engineering Village (Compendex)</i>	1764
<i>Scirus</i>	1220
<i>IEEE Xplore</i>	625
<i>Scielo.org</i>	37
SOBRAPO – Anais do SBPO	35
Anais do ENEGEP E ICIEOM	15
SIMPEP	10
Total	5706

4.2 Definição do Portfólio Final

4.2.1 Teste de Aderência das palavras chave

De acordo com Vilela (2012), nesta etapa o indicado é selecionar pelo menos dois artigos do BAB (Banco de Artigos Bruto) cujo título sugerisse adequação ao tema da pesquisa e verificar se as palavras escolhidas estão alinhadas com as palavras chave utilizadas pelos autores destes artigos. Para o teste de aderência das palavras chave foram escolhidos aleatoriamente os artigos seguintes:

1. *Linear programming approach for optimization of radionuclide loading in vitrified HLW*

Palavras chave: *Radioisotopes, Geological repositories, Heat flux, Linear programming, Mathematical models, Natural convection, Optimization, Pressurized water reactors, Radiation effects, Radioactive wastes, Spent fuels.*

2. Aplicação da programação linear no planejamento e controle da produção: definição do mix de produção de uma indústria de bebidas

Palavras chave: Planejamento e controle da produção; Programação linear; *Solver*.

Segundo a análise destes dois artigos, verificou-se o alinhamento das palavras chave utilizadas, pois em ambos, notou-se o uso de palavras iguais, senão, relacionadas a estas, que eram “*linear programming*”, “*optimization*” e “*programação linear*”.

Diante disso, foi possível dar continuidade ao processo de triagem do BAB.

4.2.2 Triagem: Eliminação dos artigos repetidos

Devido ao fato de que a pesquisa pelos artigos foi realizada em diversas bases de dados, foi necessário eliminar todos aqueles artigos que foram adicionados mais de uma vez ao BAB, uma vez que estes documentos poderiam estar indexados em mais de uma base.

A opção “*Find duplicates*” do *software JabRef* tem a função de localizar artigos duplicados e oferece a opção de excluí-los, um a um. Desta forma, verificou-se que 46,2% dos artigos do BAB eram duplicados. Após a exclusão dos repetidos, restaram 3069 artigos ao banco de dados bruto.

4.2.3 Triagem: Leitura de títulos

Após a exclusão de artigos repetidos, a próxima etapa foi ler os títulos dos artigos e excluir aqueles que não apresentassem adequabilidade ao tema da pesquisa “Programação Linear”.

Foram excluídos os artigos que tratavam dos seguintes temas: programação linear inteira; programação linear integral, programação linear multi-objetivo; programação linear difusa; programação linear multicritério; programação linear multinível; programação linear paramétrica, entre outras variações.

Também foram excluídos os artigos de outros idiomas, além de português ou inglês, que por alguma falha dos filtros de busca das bases de dados foram selecionados no momento da pesquisa inicial. Neste momento também foram excluídos os artigos repetidos remanescentes, que não foram localizados pelo “*Find duplicates*” por alguma pequena diferenciação de escrita em seus títulos.

Depois de concluída esta etapa, restaram 1830 artigos ao banco de dados bruto.

4.2.4 Definição da Relevância Acadêmica dos artigos

Após a leitura dos títulos dos artigos, foi definida a relevância acadêmica de cada um através do levantamento do número de citações de cada trabalho. Obtidos estes números, foi definido um ponto de corte para separar o BAB em duas frentes: artigos com relevância acadêmica comprovada (nº de citações acima do ponto de corte escolhido) e artigos com relevância acadêmica não comprovada (nº de citações abaixo do ponto de corte).

Com o auxílio do *software Jabref*, foi possível criar uma coluna no sistema para inserção do número de citações de cada artigo, conforme a Figura 2, o que facilitou a organização dos artigos de acordo com a frequência de citações.

#	Entrytype	Author	Title	Year	Journal	Owner	Timesta...	Bibtexkey
1	Article	Boros et al.	A large-scale linear programming model for finding optimal container inspec...	2009	Naval Research Logisti...		31	Boros2009
2	Article	Defersha and Chen	A linear programming embedded genetic algorithm for an integrated cell for...	2008	Eur J Oper Res		47	Defersha2008
3	Article	Wang et al.	A linear programming method for generating the most favorable weights fro...	2008	Computers & Operatio...		30	Wang2008
4	Article	Darmon et al.	Impact of a Cost Constraint on Nutritionally Adequate Food Choices for Fren...	2006	Journal of Nutrition Edu...		53	Darmon2006
5	Article	Chandran et al.	Linear programming models for estimating weights in the analytic hierarchy ...	2005	Computers & Operatio...		75	Chandran2005
6	Article	Mulholland et al.	Linear Programming to Optimize Performance in a Department of Surgery	2005	Journal of the American...		25	Mulholland2005
7	Article	Maillot et al.	Nutrient profiling can help identify foods of good nutritional quality for their pri...	2008	J. Nutr.		31	Maillot2008
8	Inproceedings	Choque et al.	Optimum selection of access networks within heterogeneous wireless envir...	2011	Lecture Notes of the Ins...		7	Choque2011
9	Article	De Carvalho Jr. et al.	A case study application of linear programming and simulation to mine plan...	2012	Journal of the Southern ...		0	DeCarvalhoJr.2012
10	Article	Chen and Liao	A linear programming approach to the electricity contract capacity problem	2011	Applied Mathematical M...		1	Chen2011
11	Unpublished	Garg et al.	A Linear Programming Driven Genetic Algorithm for Meta-Scheduling on Utili...	2009			22	Garg2009
12	Article	Rong and Lahdelma	An efficient linear programming model and optimization algorithm for trigene...	2005	Applied Energy		78	Rong2005
13	Article	Romeijn et al.	A new linear programming approach to radiation therapy treatment planning ...	2006	Operations Research		75	Romeijn2006
14	Article	Aldesett et al.	Application of linear programming technique to formulate least cost balance...	2012	J. Anim. Vet. Adv.		0	Aldesett2012
15	Article	Gale	Linear programming and the simplex method	2007	Not. Am. Math. Soc.		21	Gale2007
16	Article	Zhou and Ang	Linear programming models for measuring economy-wide energy efficiency ...	2008	Energy Policy		86	Zhou2008
17	Article	Spitter et al.	Linear programming models with planned lead times for supply chain opera...	2005	European Journal of Op...		56	Spitter2005c
18	Article	Dibari et al.	Low-cost, ready-to-use therapeutic foods can be designed using locally avail...	2012	J. Nutr.		3	Dibari2012
19	Article	Salami et al.	The economic impacts of drought on the economy of Iran: An integration of li...	2009	Ecol. Econ.		20	Salami2009a
20	Article	Helber et al.	Using linear programming to analyze and optimize stochastic flow lines	2011	Ann. Oper		9	Helber2011
21	Article	Frega et al.	What linear programming contributes: world food programme experience wit...	2012	Food Nu		2	Frega2012

Figura 2 – PrintScreen da tela do JabRef

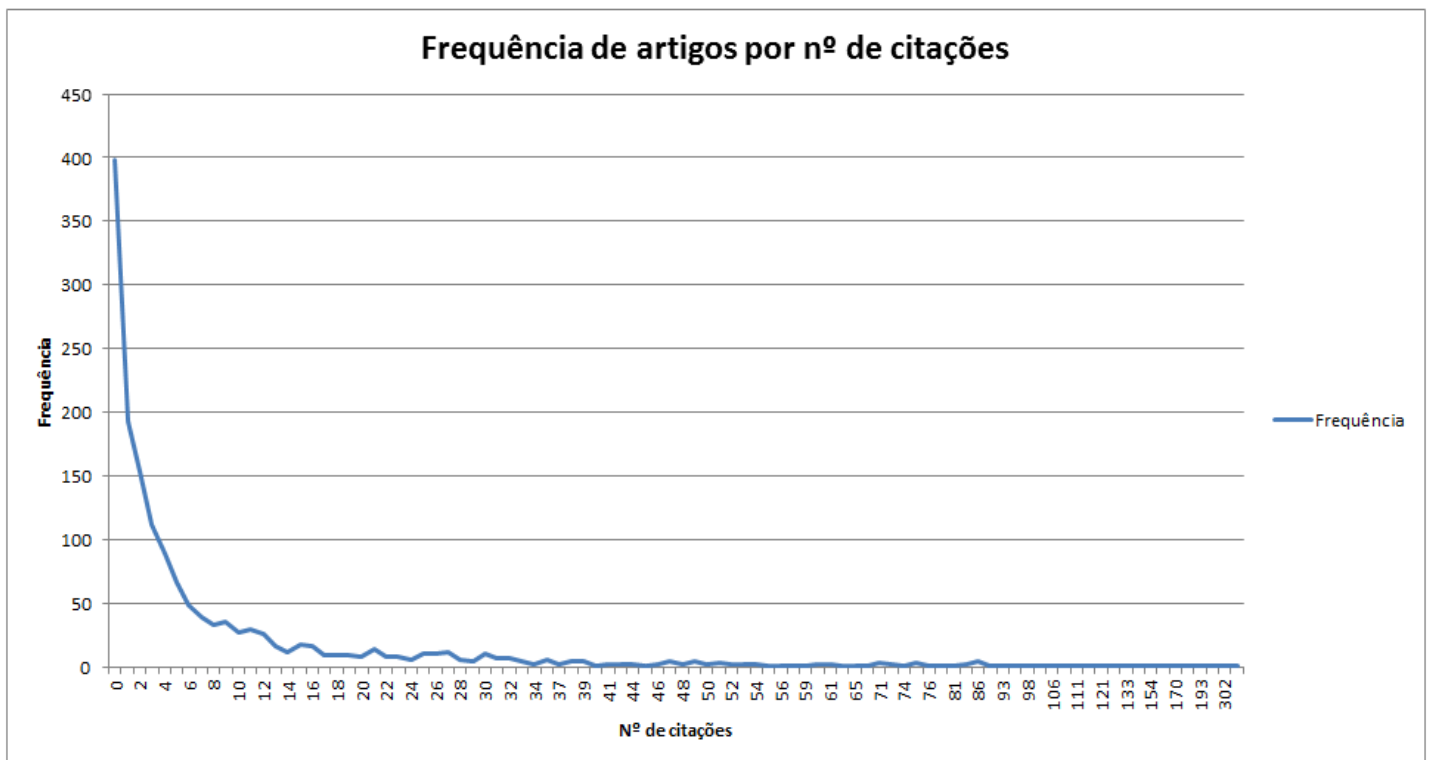


Figura 3 - Gráfico de Frequência de artigos por número de citações

A figura 3 mostra que a frequência de artigos por número de citação não obedece a nenhuma distribuição simétrica.

A metodologia propõe que após definida a representatividade acadêmica de cada artigo, estes sejam organizados em ordem decrescente, por número de citações, de modo que sejam selecionados aqueles artigos cujas citações somam 85% do total, sendo este o ponto de corte

separando artigos com e sem relevância acadêmica comprovada. Entretanto, este método não é fixo, podendo não ser viável em decorrência dos dados levantados e variando de pesquisa em pesquisa.

No presente trabalho, caso fosse considerado o ponto de corte de 85% seriam desconsiderados os artigos que possuísem menos de 50 citações. O autor optou por não desconsiderar artigos com número de citação entre 20 e 49, e por este motivo, o ponto de corte escolhido foi de 98%, aproximadamente. Mesmo com este valor bastante expressivo, ainda assim foram detectados 1621 artigos com relevância acadêmica não comprovada. Estes resultados podem ser verificados a partir das Tabela 2 e 3.

Juntamente com os artigos que estão abaixo do ponto de corte (20 citações ou 98% de citações), os artigos não encontrados pelo *Google Scholar* também foram segregados para a categoria de artigos sem relevância acadêmica comprovada, sendo que apenas 209 artigos foram encaminhados para as próximas fases como artigos com relevância acadêmica comprovada. Neste ponto cabe mais uma vez salientar que:

- Artigos com relevância acadêmica são aqueles que possuem número de citação acima do ponto de corte e;
- Artigos com relevância acadêmica não comprovada são aqueles que possuem número de citações abaixo do ponto de corte.

Tabela 2 - Quantidade de artigos após o filtro "relevância acadêmica"

Artigos com relevância acadêmica comprovada	209 artigos
Artigos com relevância acadêmica não comprovada	1621 artigos
TOTAL	1830 artigos

Tabela 3 - Frequência de Citações (Resultado Completo)

Quantidade de citações	Frequência	% de citações	Quantidade de citações	Frequência	% de citações
Não foi encontrado pelo Google Scholar	282	0,00%	48	2	1%
2397	1	30,57%	47	4	0,60%
302	1	3,85%	46	2	0,59%
206	1	2,63%	45	1	0,57%
193	1	2,46%	44	2	0,56%
179	1	2,28%	42	2	0,54%
170	1	2,17%	41	2	0,52%
166	1	2,12%	40	1	0,51%
154	1	1,96%	39	4	0,50%
136	1	1,73%	38	4	0,48%
133	1	1,70%	37	2	0,47%
122	1	1,56%	35	5	0,45%
121	1	1,54%	34	2	0,43%
118	1	1,51%	33	4	0,42%
111	1	1,42%	32	7	0,41%
109	1	1,39%	31	7	0,40%
106	1	1,35%	30	10	0,38%
100	1	1,28%	29	4	0,37%
98	1	1,25%	28	5	0,36%
96	1	1,22%	27	11	0,34%
93	1	1,19%	26	10	0,33%
88	1	1,12%	25	10	0,32%
86	4	1,10%	24	5	0,31%
82	2	1,05%	23	8	0,29%
81	1	1,03%	22	8	0,28%
78	1	0,99%	21	14	0,27%
76	1	0,97%	20	8	0,26%
75	3	0,96%	19	9	0,24%
74	1	0,94%	18	9	0,23%
72	2	0,92%	17	9	0,22%
71	3	0,91%	16	16	0,20%
66	1	0,84%	15	18	0,19%
65	1	0,83%	14	12	0,18%
62	1	0,79%	13	16	0,17%
61	2	0,78%	12	26	0,15%
60	2	0,77%	11	29	0,14%
59	1	0,75%	10	27	0,13%
57	1	0,73%	9	35	0,11%
56	1	0,71%	8	33	0,10%
55	1	0,70%	7	39	0,09%
54	2	0,69%	6	49	0,08%
53	2	0,68%	5	67	0,06%
52	2	0,66%	4	89	0,05%
51	3	0,65%	3	112	0,04%
50	2	0,64%	2	153	0,03%
49	4	0,63%	1	193	0,01%
			0	398	0,00%
TOTAL de Artigos	347				
TOTAL de Citações	7840				

4.2.4.1 Artigos com Relevância Acadêmica Comprovada

Para os artigos com número de citações acima do ponto de corte, ou seja, com representatividade acima dos 98%, com títulos não repetidos e alinhados ao tema, a próxima etapa do procedimento *ProKnow-C* foi a leitura dos resumos. De acordo com Vilela (2012), a seleção do que é relevante ou não depende da escolha do autor, do que ele julga relevante ao tema.

Nesta fase, 164 artigos foram descartados, restando 45 artigos no processo. Com base nesta relação de artigos, foi construído um banco de autores, que posteriormente seria utilizado no processo de análise dos artigos com relevância não comprovada.

4.2.4.2 Artigos com Relevância Acadêmica Não comprovada – “Repescagem”

O grupo de artigos com relevância científica ainda não confirmada (1621) foi avaliado, primeiramente, com relação ao ano de publicação. Considerando que os artigos publicados mais recentemente tendem a possuir um menor número de citações no *Google Scholar* do que aqueles há mais tempo disponíveis, o processo proposto realizou também a leitura dos resumos de artigos excluídos pela análise de reconhecimento científico, mas que foram publicados entre 2011 e 2012. Foram direcionados 515 artigos para a etapa de leitura do resumo, enquanto os artigos mais antigos publicados antes de 2011 (1106) somente seriam direcionados para a leitura do resumo se tivessem entre seus autores um daqueles que compõem o banco de autores formado com base na relação de artigos com relevância científica confirmada; caso contrário, seriam descartados.

- Artigos publicados entre 2011 e 2012 – Estes artigos (515) foram encaminhados para leitura do resumo e assim foram excluídos todos aqueles que não possuísem alinhamento com o tema da pesquisa. Ao final desta etapa restaram 69 artigos.
- Artigos publicados antes de 2011 – Estes artigos foram filtrados com base em seus autores. Foi verificado se algum artigo havia sido publicado por autores presentes no banco de autores construído nas etapas anteriores. Assim, foram recuperados dois artigos, referentes aos autores Rossomakhine e Tachio Terauchi.

4.2.4.3 Formação do portfólio intermediário

Nesta etapa foram reunidos os artigos selecionados nas etapas 4.2.4.1 e 4.2.4.2, totalizando 116 artigos, desmembrados em:

- Artigos com relevância acadêmica comprovada – 45 artigos
- Artigos com relevância acadêmica não comprovada – 69 (publicados entre 2011 e 2012) e 2 (autor presente no banco de autores). Totalizando 71 artigos.

4.2.4.4 Verificação da disponibilidade dos artigos

Nesta etapa o autor analisou quais artigos estavam disponíveis para leitura completa. Foram encontrados 31 artigos disponíveis para leitura apenas mediante pagamento ou para membros de grupos acadêmicos específicos, e 85 artigos disponíveis para a leitura integral do documento, considerando que o autor valeu-se do acesso às bases de dados por meio da *proxy* interna da Universidade Estadual de Maringá, o que possibilitou o acesso de um número maior de artigos.

4.2.4.5 Leitura integral dos artigos e definição do portfólio final

A última etapa do processo *ProKnow-C* de definição do portfólio foi a leitura integral dos artigos com o objetivo de selecionar aqueles que estão completamente adequados ao tema da pesquisa.

Foram selecionados os artigos que relacionavam o tema a estudos aplicados à produção de bens ou serviços ou pesquisas acadêmicas. Foram desconsiderados os artigos que tratavam de pesquisas de ferramentas/métodos novos de aplicação da área, pois o objetivo geral foi demonstrar como a programação linear pode ser aplicada a temas do dia-a-dia.

Nas Tabela 4 e Tabela 5 encontram-se os artigos selecionados, bem como o nome do autor, o ano de publicação e o número de citações de cada um.

Cód. do Artigo	Título	Autores	Ano	Nº de Citações
1	<i>Application of linear programming technique to formulate least cost balanced ration for calves-fattening in Jordan</i>	Aldeseit, B. and Majdalawi, M.I. and Ata, M.	2012	0
2	<i>A linear programming approach to the electricity contract capacity problem</i>	Chen, Chiung-Yao and Liao, Ching-Jong	2011	1
3	<i>A case study application of linear programming and simulation to mine planning</i>	De Carvalho Jr., J.A. and Koppe, J.C. and Costa, J.F.C.L.	2012	0
4	<i>What linear programming contributes: world food programme experience with the "cost of the diet" tool.</i>	Frega, R. and Lanfranco, J.G. and De Greve, S. and Bernardini, S. and Geniez, P. and Grede, N. and Bloem, M. and de Pee, S.	2012	2
5	<i>Using linear programming to analyze and optimize stochastic flow lines</i>	Helber, S. and Schimmelpfeng, K. and Stolletz, R. and Lagershausen, S.	2011	9
6	<i>Low-cost, ready-to-use therapeutic foods can be designed using locally available commodities with the aid of linear programming</i>	Dibari, F. and Diop, E.H.I. and Collins, S. and Seal, A.	2012	3
7	<i>An efficient linear programming model and optimization algorithm for trigeneration</i>	Rong, Aiyong and Lahdelma, Risto	2005	78
8	<i>Linear programming models for measuring economy-wide energy efficiency performance</i>	Zhou, P. and Ang, B.W.	2008	86
9	<i>Linear programming and the simplex method</i>	Gale, D.	2007	21
10	<i>A Linear Programming Driven Genetic Algorithm for Meta-Scheduling on Utility Grids</i>	Garg, Saurabh and Konugurthi, Pramod and Buyya, Rajkumar	2009	22
11	<i>A new linear programming approach to radiation therapy treatment planning problems</i>	Romeijn, H. Edwin and Ahuja, Ravindra K. and Dempsey, James F. and Kumar, Arvind	2006	75
12	<i>The economic impacts of drought on the economy of Iran: An integration of linear programming and macroeconomic modelling approaches</i>	Salami, H. and Shahnooshi, N. and Thomson, K.J.	2009	20
13	<i>Linear programming models with planned lead times for supply chain operations planning</i>	Spitter, J.M. and Hurkens, C.A.J. and De Kok, A.G. and Lenstra, J.K. and Negenman, E.G.	2005	56
14	<i>A large-scale linear programming model for finding optimal container inspection strategies</i>	Boros, E. and Fedzhora, L. and Kantor, P.B. and Saeger, K. and Stroud, P.	2009	31
15	<i>Linear programming models for estimating weights in the analytic hierarchy process</i>	Chandran, Bala and Golden, Bruce and Wasil, Edward	2005	75
16	<i>Optimum selection of access networks within heterogeneous wireless environments based on linear programming techniques</i>	Choque, Johnny and Aguero, Ramon and Hortiguela, Eva-Maria and Munoz, Luis	2011	7
17	<i>Impact of a Cost Constraint on Nutritionally Adequate Food Choices for French Women: An Analysis by Linear Programming</i>	Darmon, Nicole and Ferguson, Elaine L. and Briend, André	2006	53
18	<i>A linear programming embedded genetic algorithm for an integrated cell formation and lot sizing considering product quality</i>	Defersha, F.M. and Chen, M.	2008	47

Tabela 5 - Portfólio Final (continuação)

19	<i>Nutrient profiling can help identify foods of good nutritional quality for their price: A validation study with linear programming</i>	Maillot, M. and Ferguson, E.L. and Drewnowski, A. and Darmon, N.	2008	31
20	<i>Linear Programming to Optimize Performance in a Department of Surgery</i>	Mulholland, Michael W. and Abrahamse, Paul and Bahl, Vinita	2005	25
21	<i>A linear programming method for generating the most favorable weights from a pairwise comparison matrix</i>	Wang, Ying-Ming and Parkan, Celik and Luo, Ying	2008	30

Tendo chegado ao primeiro objetivo deste trabalho, a segunda etapa, intitulada “Análise Bibliométrica” pôde ser realizada.

4.3 Análise Bibliométrica

O objetivo da análise bibliométrica foi medir a produção científica com base em critérios pré-selecionados por metodologias presentes no meio acadêmico e com base nos objetivos do autor do trabalho. Nesta etapa torna-se possível a apresentação de informações referentes às publicações quantificando-as a partir de análises estatísticas.

O processo de análise bibliométrica foi executado em duas frentes: i) análise dos aspectos relacionados aos artigos do próprio Portfólio Final e ii) Análise dos artigos presentes nas referências destes.

4.3.1 Análise bibliométrica dos artigos do Portfólio Final

4.3.1.1 Análise de Citações

Esta análise teve como objetivo verificar quais artigos do portfólio foram mais referenciados no meio acadêmico. Foi utilizado o *Google Scholar* como fonte de pesquisa das referências.

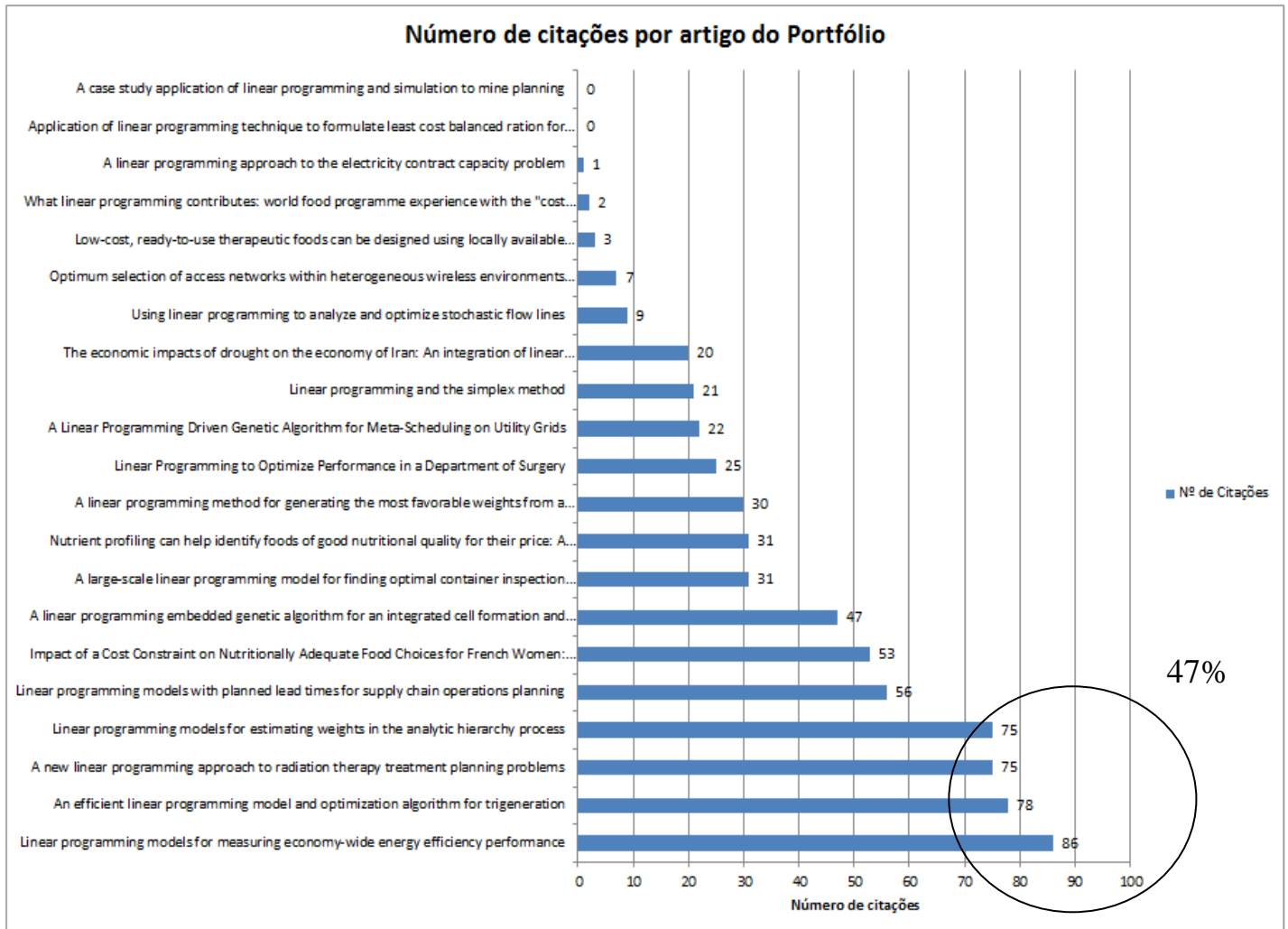


Figura 4- Número de Citações por artigo do Portfólio

“*Linear programming models for estimating weights in the analytic hierarchy process*”, “*A new linear programming approach to radiation therapy treatment planning problems*”, “*An efficient linear programming model and optimization algorithm for trigeneration*” e “*Linear programming models for measuring economy-wide energy efficiency performance*” foram os artigos mais referenciados deste conjunto, retendo 47% das referências do total dos artigos selecionados. Este comportamento pode ser verificado na Figura 4.

Verificou-se que dois artigos não obtiveram nenhuma citação, porém ambos foram publicados em 2012 e por serem artigos recentes, justificou-se a ausência de referências. Ambos foram selecionados na etapa de “reescapagem” dos artigos sem relevância acadêmica comprovada.

Na Figura 5, verifica-se que 42% (9 de 21) dos artigos selecionados concentram 79% das citações do portfólio.

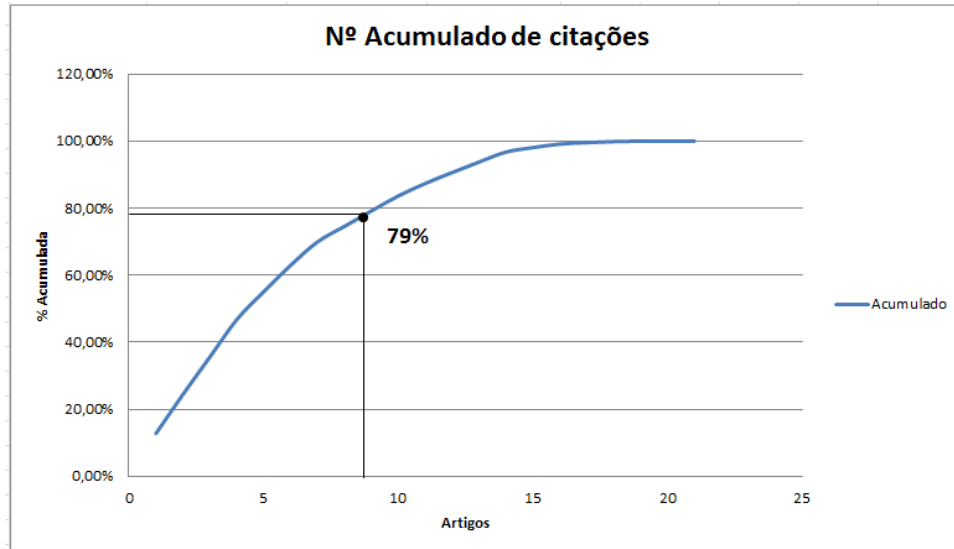


Figura 5 - Frequência acumulada de citações

4.3.1.2 Análise do ano de publicação

Nesta análise foi verificado que o conjunto de artigos não apresentou nenhuma tendência em relação ao ano de publicação, visto que as quantidades de artigos publicados foram bem distribuídas no período de tempo analisado (2005 a 2012). Notou-se, entretanto, que devido a motivos desconhecidos nenhuma das publicações escolhidas foi realizada no ano de 2010.

A Figura 6 abaixo faz um comparativo entre a quantidade de artigos publicados e o número de citações por ano analisado. É possível notar que o número de citações por ano decresce para os anos mais recentes (2010, 2011 e 2012), fenômeno que já foi percebido e justificado na análise anterior.

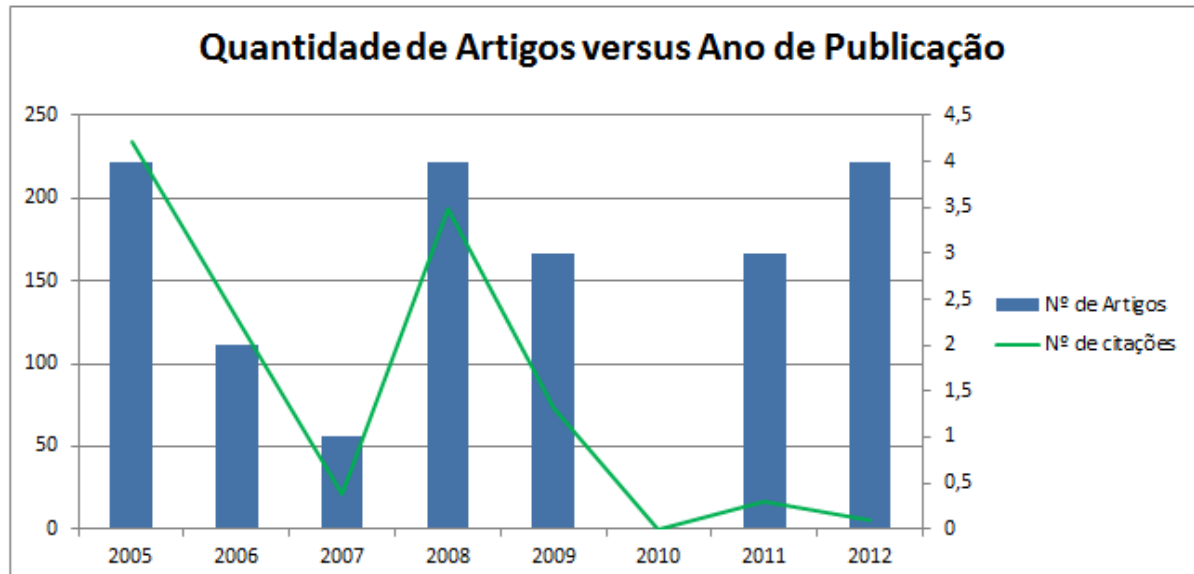


Figura 6 - Quantidade de Artigos versus Ano de Publicação dos artigos do Portfólio

4.3.1.3 Análise dos Periódicos

O objetivo desta análise é sinalizar quais são os periódicos mais relevantes para a amostra de artigos selecionada por este trabalho.

Verificou-se que os 21 artigos analisados foram publicados 19 periódicos distintos, como mostra a Figura 7. Os periódicos “*The Journal of Nutrition*”, “*European Journal of Operational Research*” e “*Computer/ & Operations Research*” foram os mais citados e concentram 28% dos artigos do portfólio. O “*The Journal of Nutrition*” não se relaciona com o tema da pesquisa, entretanto, nas etapas de realização deste trabalho foi possível analisar que grande parte das publicações relacionadas a estudos de aplicação da programação linear são atreladas a estudos de áreas referentes ao campo da Nutrição.

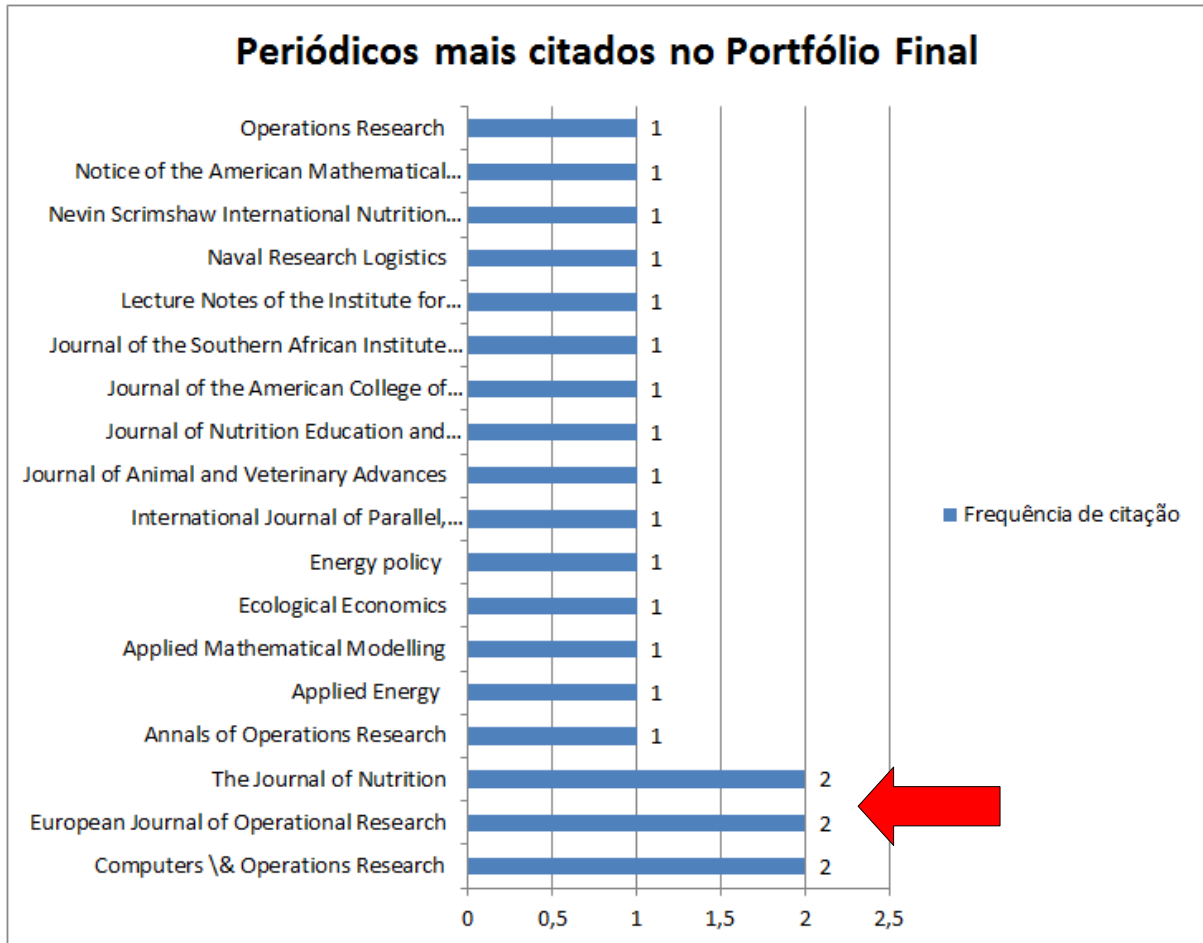


Figura 7 - Periódicos citados no Portfólio Final

4.3.1.4 Análise dos Autores

Objetivo da análise dos autores dos artigos selecionados foi levantar quais aqueles que mais publicaram e posteriormente utilizar essas informações para comparar com os resultados dos artigos das referências.

Dos 70 autores dos 21 artigos selecionados, verificou-se que apenas 2 deles contribuíram com dois artigos, e são Nicole Darmon e Elaine Ferguson, ambas as autoras dos mesmos artigos sob a temática de “Nutrição”.

Tabela 6 - - Lista e Frequência dos Autores dos Artigos do Portfólio Final

Autores dos artigos do portfólio	Frequência	Autores dos artigos do portfólio	Frequência
Darmon, Nicole	2	Junior, J.A. de Carvalho	1
Ferguson, Elaine L.	2	Kantor P.B.	1
Ahuja, Ravindra K.	1	Konugurthi, Pramod	1
Aldeseit, Bassam	1	Koppe, J.C.	1
Ata, Mysaa	1	Kumar, Arvind	1
B.W. Ang	1	Lagershausen, Svenja	1
Bahl, Vinita	1	Lahdelma, Risto	1
Bernardini, Sara	1	Lanfranco, Jose Guerra	1
Bloem, Martin	1	Lenstra	1
Boros E.	1	Liao, Ching-Jong	1
Briend A.	1	Luo, Ying	1
Buyya, Rajkumar	1	Maillot, Matthieu	1
Chandran, Bala	1	Majdalawi, Mohammed I.	1
Chen, Chiung-Yao	1	Mulholland, MichaelW	1
Chen, Mingyuan	1	Muñoz, Luis	1
Choque, Johnny	1	Negenman	1
Collins, Steven	1	P. Zhou	1
Costa, J.F.C.L.	1	Parkan, Celik	1
De Kok	1	Pee, Saskia de	1
Defersha, Fantahun M.	1	Romeijn, Edwin	1
Dempsey, James F.	1	Rong, Aiyong	1
Dibari, Filippo	1	Saeger K.	1
Drewnowski, Adam	1	Salami, Habibollah	1
El Hadji I. Diop	1	Schimmelpfeng, Katja	1
Fedzhora F.	1	Seal, Andrew	1
Frega, Romeo	1	Shahnooshi, Naser	1
Gale, David	1	Spitter, J.M.	1
Garg, Saurabh Kumar	1	Stolletz, Raik	1
Geniez, Perrine	1	Stroud P.	1
Golden, Bruce	1	Thomson, Kenneth J.	1
Grede, Nils	1	Wang, Ying-Ming	1
Greve, Sam De	1	Wasil, Edward	1
Helber, Stefan	1	Abrahamse, Paul	1
Hurkens	1	Agüero, Ramón	1

4.3.1.5 Análise das Palavras chave

Esta análise buscou identificar quais as palavras-chaves mais utilizadas dentre os artigos do portfólio. Das 61 palavras utilizadas, apenas 5 foram utilizadas em mais de um artigo, conforme a Figura 8.

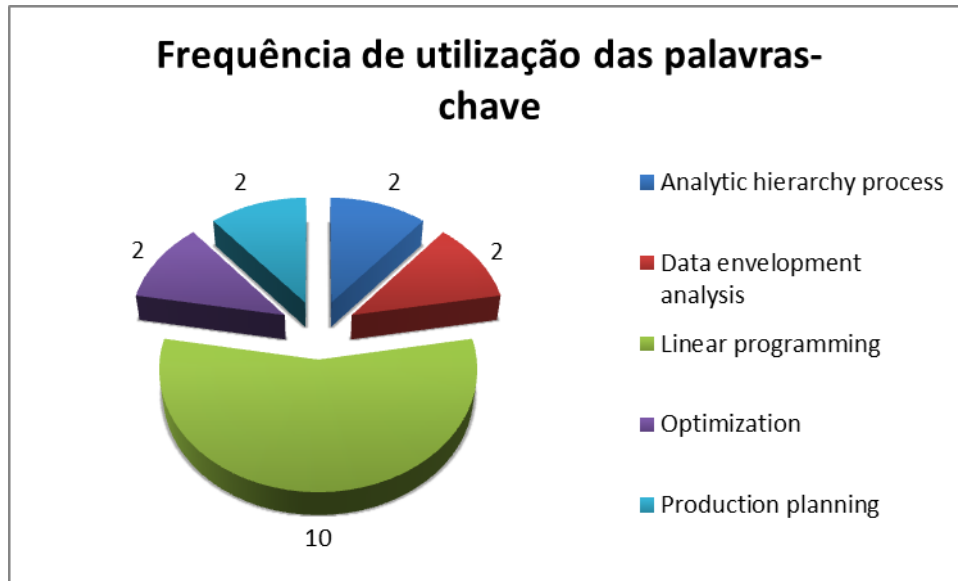


Figura 8 - Frequência de Utilização das Palavras-chave dos artigos do Portfólio Final

Desta maneira foi possível conferir se as palavras-chaves utilizadas na busca inicial por artigos nas bases de dados foram alinhadas àquelas encontradas nesta análise bibliométrica. A palavra-chave “*Linear Programming*” foi a mais utilizada dentre as 61 palavras detectadas nos artigos do portfólio, representando 16% do total, enquanto, em segundo lugar em número de ocorrências estão as palavras: “*Analytic hierarchy process*”, “*Data development analysis*”, “*Optimization*” e “*Production planning*”, cada uma representando aproximadamente 3% do total das palavras analisadas.

Identificou-se que a palavra de maior representatividade no portfólio foi “*Linear Programming*”, que também foi uma das palavras-chave utilizadas na busca inicial de artigos.

4.3.2 Análise bibliométrica dos artigos das Referências do portfólio

4.3.2.1 Análise das citações

Foram analisadas 373 referências dos artigos do portfólio bibliográfico com o objetivo de definir quais os trabalhos mais citados. O levantamento do número de citações foi realizado da mesma forma que na etapa de análise das citações dos artigos do portfólio, com o auxílio do *Google Scholar*.

Deste conjunto de referências, 10,2% do total de artigos não foram encontrados pela ferramenta de busca.

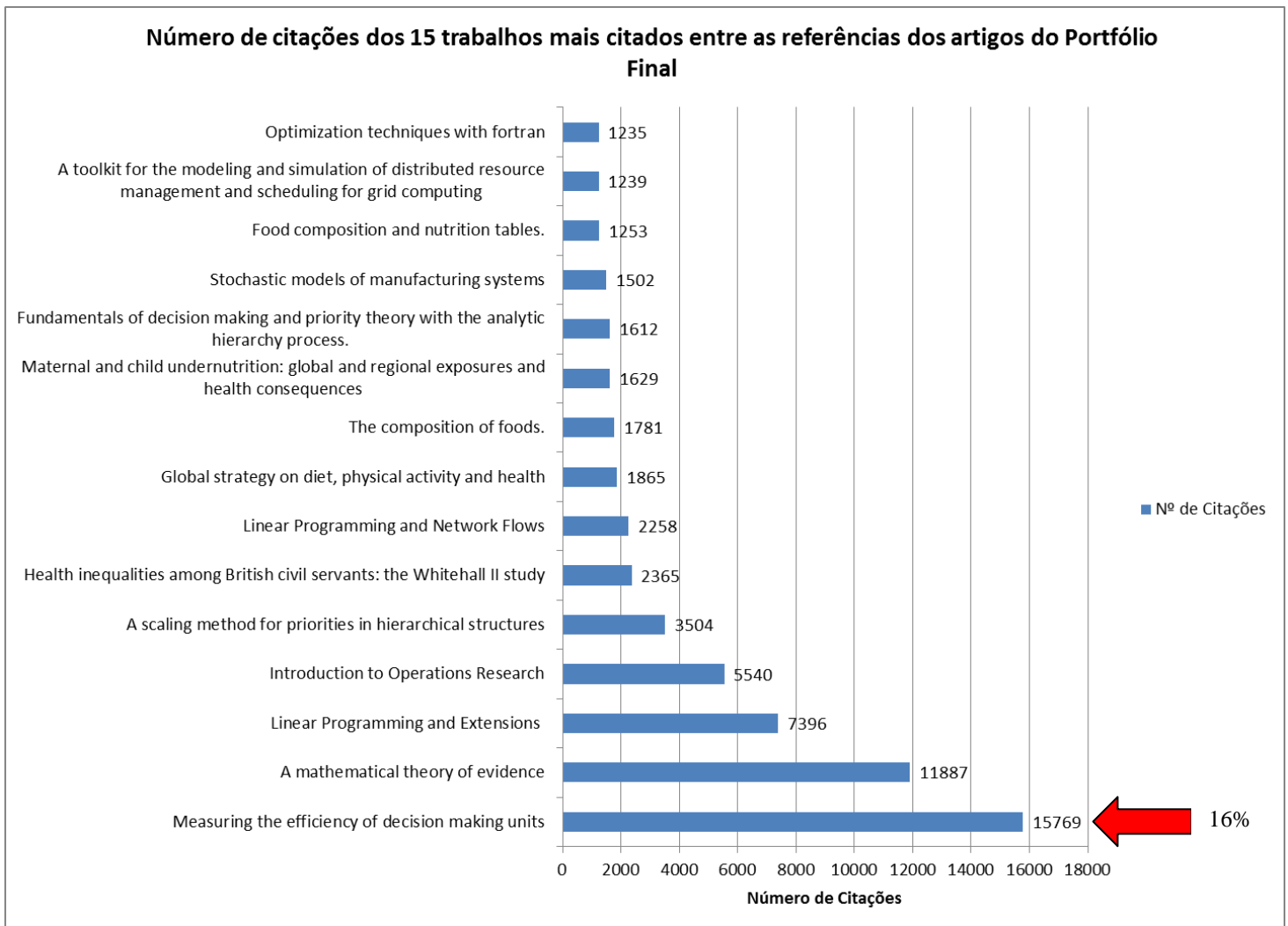


Figura 9 - Número de Citações dos 15 trabalhos mais citados entre as referências dos artigos do Portfólio Final

Dentre as referências, o artigo “*Measuring the efficiency of decision making units*” dos autores Charnes, Cooper e Rhodes publicado no ano de 1978 teve maior destaque, com 15769 citações. Neste trabalho, os autores descrevem a DEA (*Data Development Analysis*) como um modelo de programação matemática aplicada a dados observacionais que fornece uma nova visão de como alcançar estimativas empíricas de relações que formam os pilares da economia moderna (SHERMAN e ZHU, 2013).

Dentre os demais trabalhos, o número de citações variou entre zero e 11887.

4.3.2.2 Análise do ano de publicação

Esta análise observou o ano de publicação dos artigos utilizados nas referências do portfólio final. Pela análise dos dados, foi possível constatar que 50% das publicações das referências ocorreram entre 2001 e 2011.

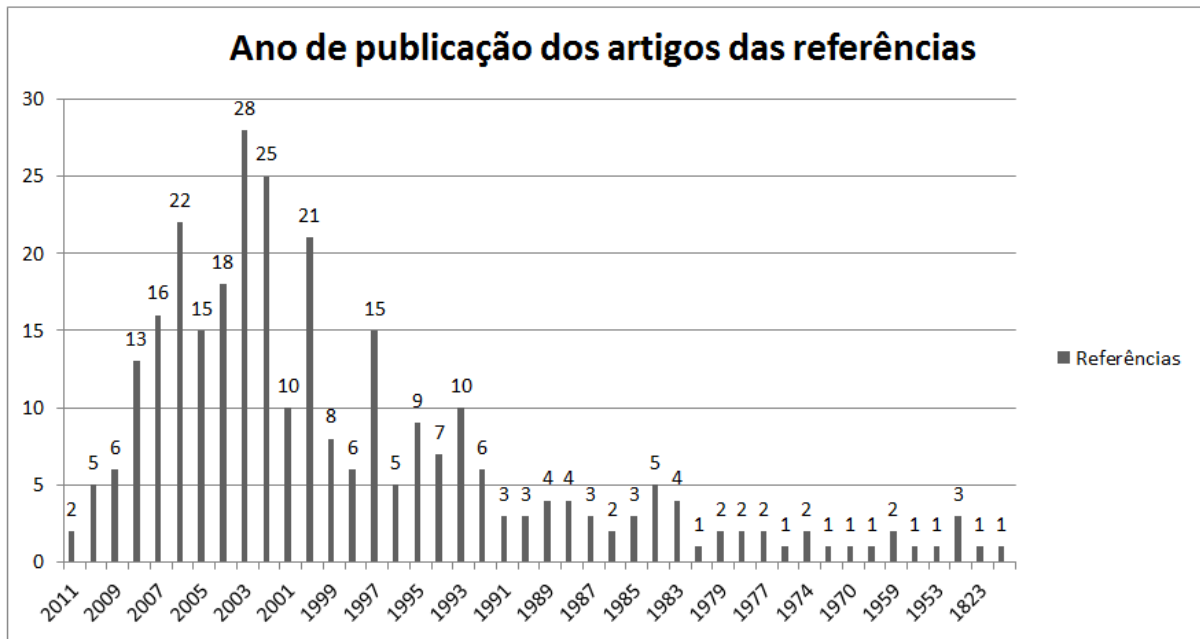


Figura 10 - Ano de publicação dos Artigos das referências

A referência mais antiga, publicada no ano de 1784, foi o livro *“The composition of foods”* de McCance and Widdowson com 1781 citações.

4.3.2.3 Análise dos Periódicos

Nesta análise verificou-se que dos periódicos das referências analisadas, apenas 26% das ocorrências não foram repetidas. O número de vezes em que estes canais se repetiram variou entre 1 e 6 vezes. Na Figura 11 foram analisados os periódicos que registraram mais de 3 repetições na amostra analisada.

O *“European Journal of Operational Research”* e *“Computers & Operations Research”* foram os periódicos que mais se destacaram nas referências dos artigos do portfólio, juntamente com o *“Public Health Nutrition”*, e, além disso, ambos estão entre os periódicos que mais publicaram artigos do portfólio final.

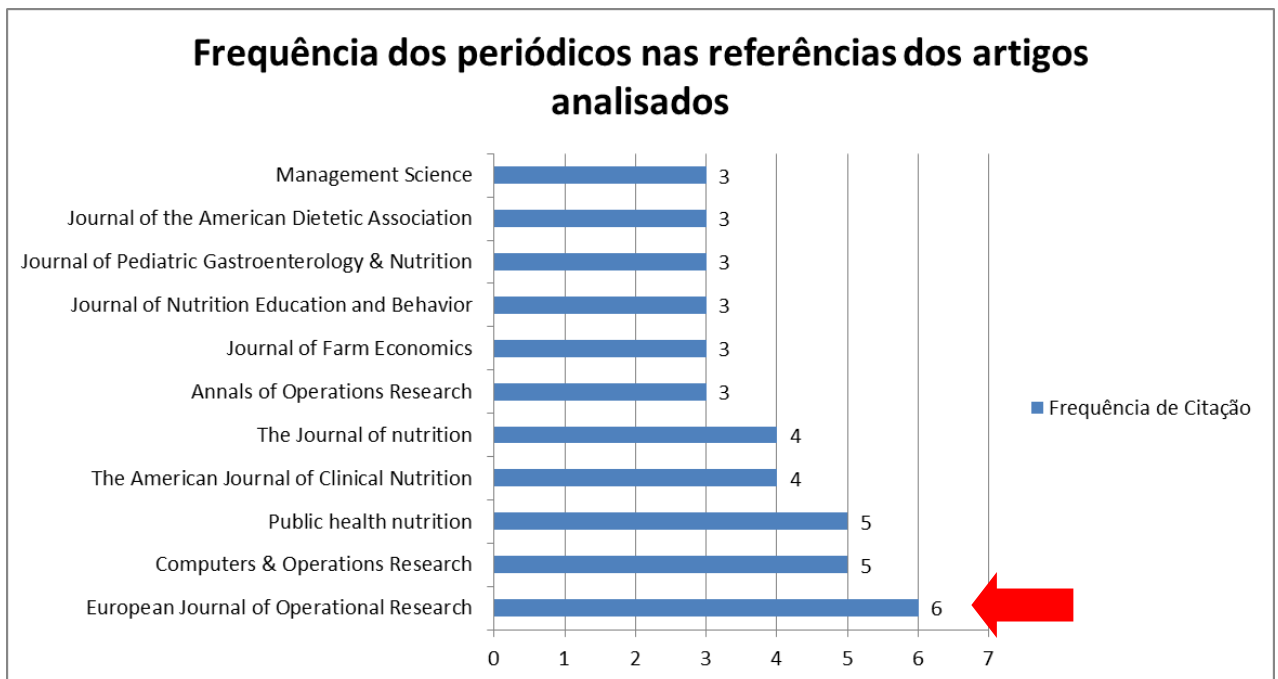


Figura 11 - Frequência dos Periódicos das Referências dos artigos analisados

4.3.2.4 Análise dos Autores

Nesta análise, foram contabilizados 723 autores dos artigos das referências do portfólio final dos quais, apenas 76 ocorrências foram distintas.

Verificou-se que 714 autores publicaram entre 1 e 5 artigos das referências, e representa, 98,8% do total de autores contabilizados. Os demais 1,2% dos autores publicaram acima de 5 vezes, como mostra a Figura 12.

Assim como ocorreu entre os artigos do portfólio final, nos artigos das referências os autores que mais publicaram foram Nicole Darmon e Elaine Ferguson.

A Tabela 7 apresenta o tema abordado pelos autores mais citados, e como já foi verificado nas demais análises, os temas de destaque continuaram sendo “Programação Linear”, tema do presente trabalho, e “Nutrição”, campo que utiliza notoriamente a programação linear como ferramenta de estudo em suas publicações.

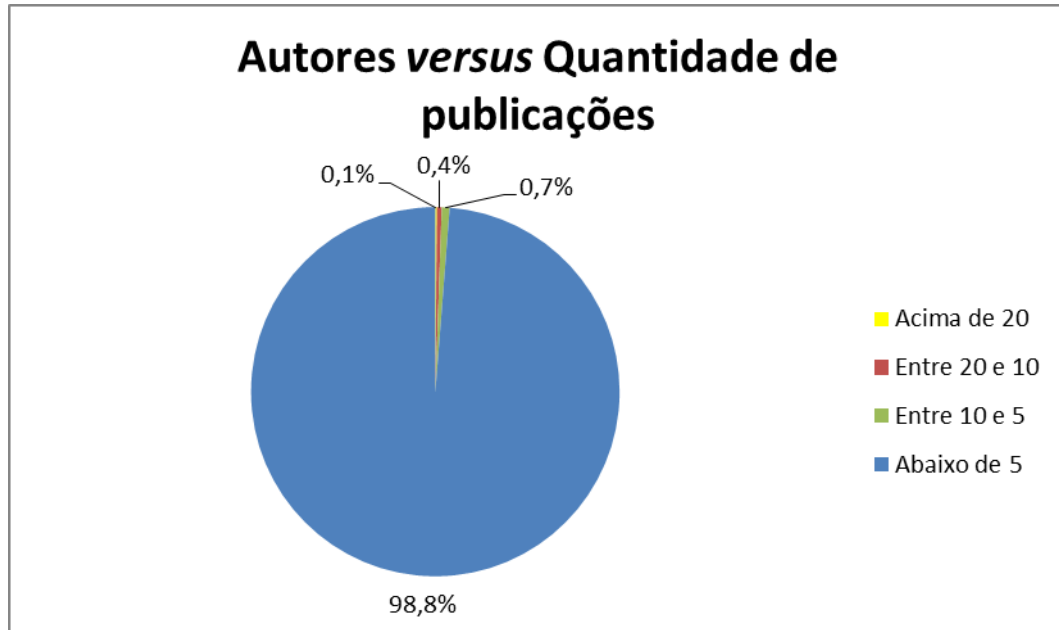


Figura 12 - Autores versus quantidade de publicações

Tabela 7 - Tema abordado pelos autores que mais publicaram artigos entre as referências dos artigos do portfólio

Autores das Referências	Frequência	Tema Relacionado
Darmon N	26	PL aplicada a Nutrição
Ferguson E	20	PL aplicada a Nutrição
Briend A	18	PL aplicada a Nutrição
Drewnowski A,	7	PL aplicada a Nutrição
Lahdelma R,	12	Programação Linear
Ang, B.W.,	8	Programação Linear
Saaty T,	6	Programação Linear
Webb, S.	5	Programação Linear
Zhou, P.,	5	Programação Linear

Nicole Darmon, Elaine Ferguson, André Briend, Adam Drewnowski, Risto Lahdelma e Ping Zhou estão entre os autores que também publicaram artigos que estão presentes no portfólio final obtido por este trabalho.

4.3.2.5 Definição do artigo de maior relevância acadêmica

O artigo de maior relevância acadêmica, segundo Afonso *et al.*(2012), pode ser obtido analisando conjuntamente a relevância científica dos artigos (nº de citações de cada artigo) e a incidência de artigos publicados pelo mesmo autor nas referências destes artigos.

Essas informações foram sintetizadas na Tabela 8 e utilizadas para a elaboração do gráfico da Figura 13, onde o eixo das ordenadas representa o nº de citações dos artigos do portfólio e o eixo das abcissas representa a quantidade de vezes que o autor publicou artigos nas referências. Vale ressaltar que, para artigos com mais de um autor, foi considerado o número de publicações do autor com maior número de trabalhos presentes nas referências do portfólio.

Para analisar a relevância dos artigos, traçaram-se duas linhas, horizontal e vertical, para representar o ponto de corte de cada eixo e separar o gráfico em quatro quadrantes. Segundo Ensslin, *et al.*(*apud* Afonso *et al.*, 2012), este ponto de corte deve ser estabelecido de forma que 20% dos artigos sejam alocados às áreas de destaque do gráfico, para cada eixo. Ou seja, para este conjunto de 21 artigos, o ponto de corte deve ser tal que, sejam alocados quatro artigos a cada área de destaque (APÓS a linha de cor laranja, tanto na vertical quanto horizontal, tendo como referencial o ponto (0,0)). Para isso, foi traçada uma linha sobre o ponto (0;70) originando o ponto de corte horizontal, e outra linha sobre o ponto (7,5;0), originando o ponto de corte vertical. Vale ressaltar que o ponto pelo qual a linha do ponto de corte intercepta o eixo é definido pelo autor do trabalho, levando em consideração a orientação citada neste parágrafo de que 20% dos artigos devem estar após o ponto de corte.

Seguindo o método de classificação que Junior *et al.*, (2012) cita em seu trabalho, o Gráfico da Figura 13 foi dividido em quatro quadrantes.

Utilizando os dados da Tabela 8, os pontos do gráfico foram plotados nos eixos do gráfico. Vale recordar que:

- Número de citações dos artigos do portfólio – Eixo X (Coordenadas);
- Número de citações do autor nas referências – Eixo Y (Abcissas);

Cada ponto no gráfico está acompanhado de um número em vermelho que representa o código de cada artigo, ainda conforme a Tabela 8.

Prosseguindo com a análise do gráfico, os artigos que possuem mais de 70 citações no *Google Scholar* e cujo autor principal foi escritor de mais de 7 artigos das referências do portfólio foram considerados “Artigos de destaque escritos por autores de destaque”, o que é representado no Quadrante I. Os artigos classificados neste quadrante são: “*An efficient linear programming model and optimization algorithm for trigeneration (Rong, Aiying and Lahdelma, Risto)*” e “*Linear programming models for measuring economy-wide energy efficiency performance (Zhou, P. and Ang, B.W.)*”.

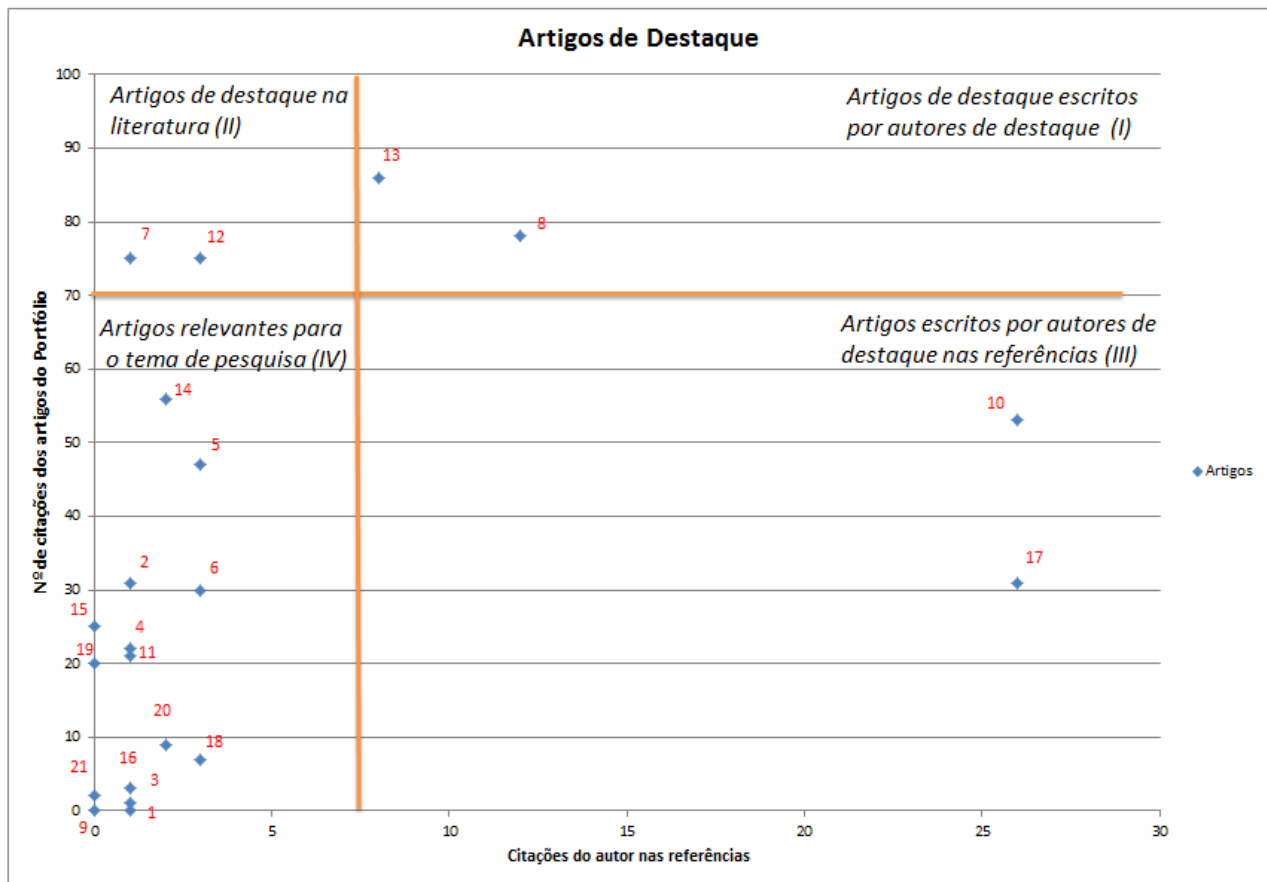


Figura 13 - Artigos de maior destaque no Portfólio Bibliográfico

Aqueles artigos que tiveram mais de 70 citações no *Google Scholar*, porém, seus autores principais tiveram menos de 7 publicações entre as referências dos artigos do portfólio foram classificados como “Artigos de destaque na literatura”, representados pelo Quadrante II do gráfico. Estes são “*A new linear programming approach to radiation therapy treatment planning problems (Romeijn, H. Edwin and Ahuja, Ravindra K. and Dempsey, James F. and Kumar, Arvind)*” e “*Linear programming models for estimating weights in the analytic hierarchy process (Chandran, Bala and Golden, Bruce and Wasil, Edward)*”.

Ainda segundo a mesma análise, os artigos que possuíram menos de 70 citações no *Google Scholar*, mas cujo autor principal foi citado mais de 7 vezes entre as referências do portfólio final, foram considerados “Artigos realizados por autores de destaques nas referências”, apresentados no Quadrante III do mesmo gráfico. Estes artigos são: “*Impact of a Cost Constraint on Nutritionally Adequate Food Choices for French Women: An Analysis by Linear Programming (Darmon, Nicole and Ferguson, Elaine L. and Briend, André)*” e “*Nutrient profiling can help identify foods of good nutritional quality for their price: A validation study with linear programming (Dibari, F. and Diop, E.H.I. and Collins, S. and Seal, A. Dibari, F. and Diop, E.H.I. and Collins, S. and Seal, A.)*”.

Por fim, aqueles artigos cujo número de citação no *Google Scholar* foi menor que 70 e cujo autor principal obteve menos de 7 publicações dentre os artigos das referências do portfólio, foram classificados como “Artigos relevantes para o tema da pesquisa”. Estes foram representados no Quadrante IV do gráfico e são:

- *A case study application of linear programming and simulation to mine planning (De Carvalho Jr., J.A. and Koppe, J.C. and Costa, J.F.C.L.);*
- *A large-scale linear programming model for finding optimal container inspection strategies (Boros, E. and Fedzhora, L. and Kantor, P.B. and Saeger, K. and Stroud, P.);*
- *A linear programming approach to the electricity contract capacity problem (Chen, Chiung-Yao and Liao, Ching-Jong);*
- *A Linear Programming Driven Genetic Algorithm for Meta-Scheduling on Utility Grids (Garg, Saurabh and Konugurthi, Pramod and Buyya, Rajkumar);*
- *A linear programming embedded genetic algorithm for an integrated cell formation and lot sizing considering product quality (Defersha, F.M. and Chen, M.);*
- *A linear programming method for generating the most favorable weights from a pairwise comparison matrix (Wang, Ying-Ming and Parkan, Celik and Luo, Ying);*
- *Application of linear programming technique to formulate least cost balanced ration for calves-fattening in Jordan (Aldeseit, B. and Majdalawi, M.I. and Ata, M.);*
- *Linear programming and the simplex method (Gale, D.);*

- *Linear programming models with planned lead times for supply chain operations planning (Spitter, J.M. and Hurkens, C.A.J. and De Kok, A.G. and Lenstra, J.K. and Negenman, E.G.);*
- *Linear Programming to Optimize Performance in a Department of Surgery (Mulholland, Michael W. and Abrahamse, Paul and Bahl, Vinita);*
- *Low-cost, ready-to-use therapeutic foods can be designed using locally available commodities with the aid of linear programming (Dibari, F. and Diop, E.H.I. and Collins, S. and Seal, A.);*
- *Optimum selection of access networks within heterogeneous wireless environments based on linear programming techniques (Choque, Johnny and Aguero, Ramon and Hortiguela, Eva-Maria and Munoz, Luis);*
- *The economic impacts of drought on the economy of Iran: An integration of linear programming and macroeconometric modelling approaches (Salami, H. and Shahnooshi, N. and Thomson, K.J.);*
- *Using linear programming to analyze and optimize stochastic flow lines (Helber, S. and Schimmelpfeng, K. and Stolletz, R. and Lagershausen, S.) e,*
- *What linear programming contributes: world food programme experience with the "cost of the diet" tool. (Frega, R. and Lanfranco, J.G. and De Greve, S. and Bernardini, S. and Geniez, P. and Grede, N. and Bloem, M. and de Pee, S.).*

Tabela 8 - Tabela para síntese de dados usados na definição do artigo de maior relevância no portfólio

	Título	Autores	Nº de Citações	Nº publicações do autor
1	<i>A case study application of linear programming and simulation to mine planning</i>	De Carvalho Jr., J.A. and Koppe, J.C. and Costa, J.F.C.L.	0	1
2	<i>A large-scale linear programming model for finding optimal container inspection strategies</i>	Boros, E. and Fedzhora, L. and Kantor, P.B. and Saeger, K. and Stroud, P.	31	1
3	<i>A linear programming approach to the electricity contract capacity problem</i>	Chen, Chiung-Yao and Liao, Ching-Jong	1	1
4	<i>A Linear Programming Driven Genetic Algorithm for Meta-Scheduling on Utility Grids</i>	Garg, Saurabh and Konugurthi, Pramod and Buyya, Rajkumar	22	1
5	<i>A linear programming embedded genetic algorithm for an integrated cell formation and lot sizing considering product quality</i>	Defersha, F.M. and Chen, M.	47	3
6	<i>A linear programming method for generating the most favorable weights from a pairwise comparison matrix</i>	Wang, Ying-Ming and Parkan, Celik and Luo, Ying	30	3
7	<i>A new linear programming approach to radiation therapy treatment planning problems</i>	Romeijn, H. Edwin and Ahuja, Ravindra K. and Dempsey, James F. and Kumar, Arvind	75	1
8	<i>An efficient linear programming model and optimization algorithm for trigeneration</i>	Rong, Aiyng and Lahdelma, Risto	78	12
9	<i>Application of linear programming technique to formulate least cost balanced ration for calves-fattening in Jordan</i>	Aldeseit, B. and Majdalawi, M.I. and Ata, M.	0	0
10	<i>Impact of a Cost Constraint on Nutritionally Adequate Food Choices for French Women: An Analysis by Linear Programming</i>	Darmon, Nicole and Ferguson, Elaine L. and Briend, André	53	26
11	<i>Linear programming and the simplex method</i>	Gale, D.	21	1
12	<i>Linear programming models for estimating weights in the analytic hierarchy process</i>	Chandran, Bala and Golden, Bruce and Wasil, Edward	75	3
13	<i>Linear programming models for measuring economy-wide energy efficiency performance</i>	Zhou, P. and Ang, B.W.	86	8
14	<i>Linear programming models with planned lead times for supply chain operations planning</i>	Spitter, J.M. and Hurkens, C.A.J. and De Kok, A.G. and Lenstra, J.K. and Negenman, E.G.	56	2
15	<i>Linear Programming to Optimize Performance in a Department of Surgery</i>	Mulholland, Michael W. and Abrahamse, Paul and Bahl, Vinita	25	0
16	<i>Low-cost, ready-to-use therapeutic foods can be designed using locally available commodities with the aid of linear programming</i>	Dibari, F. and Diop, E.H.I. and Collins, S. and Seal, A.	3	1
17	<i>Nutrient profiling can help identify foods of good nutritional quality for their price: A validation study with linear programming</i>	Dibari, F. and Diop, E.H.I. and Collins, S. and Seal, A. Dibari, F. and Diop, E.H.I. and Collins, S. and Seal, A.	31	26
18	<i>Optimum selection of access networks within heterogeneous wireless environments based on linear programming techniques</i>	Choque, Johnny and Aguero, Ramon and Hortiguella, Eva-Maria and Munoz, Luis	7	3
19	<i>The economic impacts of drought on the economy of Iran: An integration of linear programming and macroeconomic modelling approaches</i>	Salami, H. and Shahnooshi, N. and Thomson, K.J.	20	0
20	<i>Using linear programming to analyze and optimize stochastic flow lines</i>	Helber, S. and Schimmelpfeng, K. and Stolletz, R. and Lagershausen, S.	9	2
21	<i>What linear programming contributes: world food programme experience with the "cost of the diet" tool.</i>	Frega, R. and Lanfranco, J.G. and De Greve, S. and Bernardini, S. and Geniez, P. and Grede, N. and Bloem, M. and de Pee, S.	2	0

4.4 Revisão sistêmica

O objetivo da revisão sistêmica aplicada a este trabalho foi identificar quais as técnicas, métodos ou ferramentas adotadas em estudos de caso oriundos da aplicação da programação linear em determinadas áreas de estudo e conhecer os resultados gerados por cada um.

A primeira etapa desta revisão foi definir quais as "Questões da Pesquisa" que orientariam a análise dos artigos; a segunda etapa foi levantar as informações referentes às questões elaboradas e a terceira etapa foi analisar os resultados obtidos nas práticas de Programação Linear.

4.4.1 Definição das Questões da Pesquisa

Foram definidas questões genéricas que pudessem ser aplicadas a toda a amostra de artigos para extrair o máximo de informações pertinentes em cada publicação. Elas são:

Q1 - Qual software/ferramenta foram utilizados na aplicação da Programação Linear?

Q2 - Quais as dificuldades ou limitações encontradas no uso da Programação Linear, ou especificamente, no método utilizado?

Q3 - Quais os benefícios de utilizar a Programação Linear?

Q4 - Este artigo é uma aplicação da programação linear em outras áreas de estudo, além da Pesquisa Operacional? Se sim, a qual área de estudo se refere este artigo?

4.4.2 Análise dos Artigos

Para a elaboração dessa análise, foi criada uma planilha para fazer o gerenciamento das respostas das Questões de Pesquisa e armazenar os dados desta etapa. O Quadro 1 revela resumidamente o resultado desta etapa, mostrando quais questões puderam ser respondidas através da leitura dos artigos do portfólio. As células marcadas representam que determinada questão (coluna) foi respondida pelo artigo correspondente (linha).

Artigos	Questões da Pesquisa				
	1	2	3	4	5
1	X		X	X	X
2				X	
3	X		X	X	
4	X			X	
5	X	X	X	X	
6	X			X	
7			X	X	
8	X		X	X	
9	X		X	X	X
10	X		X	X	
11	X			X	X
12			X	X	
13			X	X	
14	X		X	X	
15		X	X	X	X
16	X		X	X	X
17			X	X	
18			X	X	
19			X	X	
20		X		X	
21	X		X	X	X

Quadro 1- Resultado da etapa "Revisão Sistemática"

Analisando o quadro, foi verificado que a questão com menor incidência de respostas foi a questão nº 2, referente às dificuldades encontradas pelos autores dos artigos na aplicação da programação linear. Estas dificuldades foram listadas abaixo para o maior entendimento do leitor.

O artigo nº 5 (numeração obedece à ordem da Tabela 8) refere-se a um estudo desenvolvido para a configuração de células de manufatura e limitação do tamanho de lote de produtos segundo Defersha e Chen (2008). Este artigo apresentou o uso de um modelo que utiliza termos não lineares e variáveis inteiras e por isso foi necessária a utilização de um algoritmo genético integrado de programação linear para proporcionar uma solução ao problema.

O artigo nº 15, que trata da aplicação da programação linear para otimizar resultados financeiros de um hospital e dos médicos de um departamento de cirurgia, demonstra segundo

o autor, Mulholland *et al.* (2005), que as limitações da análise realizada no estudo existem e devem ser reconhecidas, referindo-se fundamentalmente, à confiabilidade da análise realizada, que por sua vez, é dependente da precisão do custo, reembolso e dados sobre o uso da sala de operações. A análise realizada pelo autor foi baseada em dados do ano de 2002 apenas e, ainda conforme o autor do artigo, existe um crescimento anual de serviços cirúrgicos de em média 4%, conforme foi registrado na década de 90, e este crescimento poderia afetar a solução ideal.

O artigo nº 20, pelo fato de apresentar uma abordagem para simular e otimizar as linhas de fluxo utilizando modelos de programação linear em tempo discreto, provoca dois tipos conceitualmente distintos de erros: o erro de simulação, que ocorre quando as linhas de fluxo são muito grandes, com muitas máquinas ou quando os tempos de processamento possuem elevado coeficiente de variação, o que torna os programas lineares muito grandes para serem resolvidos com o hardware e software disponíveis atualmente; e erros de “discretização” de tempo, que só não ocorrem se, e somente se, os tempos de processamento forem múltiplos inteiros da duração do período e seguirem uma distribuição geométrica (HELBER *et al.*, 2010).

A segunda questão com menor incidência de respostas foi a questão nº5, com 29% de retornos dentro da amostra analisada. Esta questão tratou dos conceitos apresentados pelos autores em relação à programação linear, podendo este conceito estar relacionado ou não ao tema do estudo. As respostas mais relevantes foram listadas abaixo, para conhecimento do leitor:

"A programação linear não é apenas a técnica mais simples de programação matemática, mas também é a mais versátil e que oferece a possibilidade de avaliar a adequação do modelo escolhido com a garantia de obter a melhor opção, se esta existir. [...] A Programação linear é uma técnica que permite misturar várias variáveis com base em uma função objetivo enquanto são satisfeitas, simultaneamente, as restrições lineares dessas variáveis" (CARVALHO JÚNIOR *et al.*, 2012).

“As técnicas de programação linear são as técnicas computacionais mais comuns na formulação de rações. É um método sistemático de determinar os inputs ótimos para maximizar as receitas e minimizar os custos com base em limites de disponibilidade de recursos” (ALDESEIT *et al.*, 2012).

“A programação linear está relacionada com o problema de maximizar ou minimizar uma função linear onde são necessárias variáveis para

satisfazer um sistema de restrições, onde estas são funções lineares ou inequações” (GALE, 2007).

“Programação linear, por vezes chamada de modelagem de otimização, é uma técnica matemática usada frequentemente pelas empresas para determinar a melhor forma ou a mais eficiente de alcançar um objetivo em face da escassez de recursos”(MULHOLLAND *et al.*, 2005).

“Programação Linear é uma ferramenta para otimizar (minimizar ou maximizar) uma função objetivo linear, respeitando várias restrições em forma de igualdade ou desigualdade” (DIBARI *et al.*, 2012).

“A programação linear é uma abordagem matemática que proporciona uma diferente, possível e mais prática análise, considerando preços locais e dados de alimentos disponíveis, para determinar qual a dieta que teoricamente poderia preencher as necessidades nutricionais da população com o menor custo” (FREGA *et al.*, 2012)

Mudando o foco desta análise e partindo para a apresentação dos resultados da questão nº 1, que teve 57% de respostas avaliadas pela leitura dos artigos, foram listados abaixo os softwares utilizados e citados pelos autores do portfólio. São eles:

- LINDO;
- Microsoft Excel com Solver;
- ILOG CPLEX;
- CPLEX 6.6 Solver.

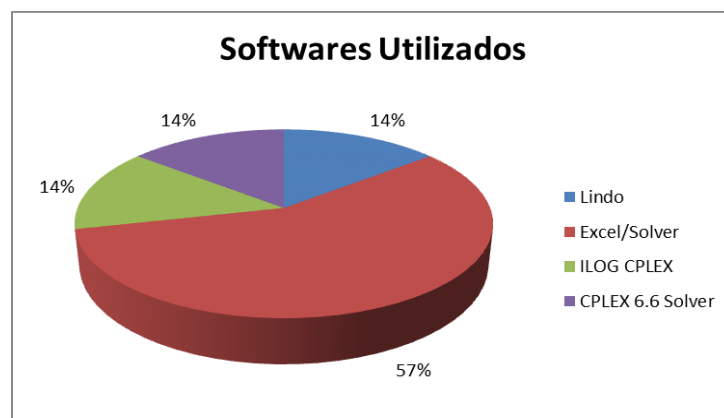


Figura 14 - Softwares utilizados

Ainda nesta análise, verificou-se que o método Simplex teve grande destaque entre os artigos, sendo aplicado pela grande maioria destes. Carvalho Junior *et al.* (2012) afirma que:

“O método simplex é o algoritmo tipicamente utilizado na solução de problemas de programação linear. Esta técnica utiliza as ferramentas disponíveis na álgebra linear para determinar qual a melhor solução para o problema através de um método iterativo algébrico”.

A questão nº 3, relacionada aos benefícios associados ao uso da Programação Linear, sendo estes genéricos ou aplicados a cada caso, obteve 76% de respostas, e muitas vezes não foi respondida explicitamente no texto do artigo, sendo necessária a leitura e interpretação dos dados para obtenção dos resultados. Resumidamente, estes benefícios são:

- Avaliar a incerteza associada os parâmetros de entrada e avaliar os riscos associados em atender ou não a solução otimizada (CARVALHO JÚNIOR *et al.*, 2012);
- O problema de PL foi capaz de determinar uma solução ótima e utilizou menos esforços de cálculo, além de que as ferramentas utilizadas não tiveram custo (CHEN e LIAO, 2011);
- A solução do modelo de programação linear pode proporcionar uma diminuição nos custos relacionados à qualidade e produção (DEFERSHA e CHEN, 2008);
- Um benefício adicional da programação linear é que a teoria da dualidade fornece uma estimativa da qualidade da solução obtida, mesmo quando o problema não é resolvido para otimização (ROMEIJN *et al.*, 2006)
- O modelo de programação linear oferece uma estrutura especial que possibilita minimizar simultaneamente os custos de produção e de obtenção dos três componentes da trigeriação de energia, inclusive os custos de emissão de CO₂, (RONG e LAHDELMA, 2005)
- A construção de um modelo linear garante que um custo mínimo pode ser selecionado (ALDESEIT, 2012);
- Segundo o autor, Darmon *et al.* (2006), a programação linear é uma ferramenta única e objetiva para estimar a importância das considerações econômicas na escolha da

comida de um consumidor. [...] Esta ferramenta também auxiliou a mostrar que é possível adotar uma dieta seguindo as recomendações nutricionais e saudáveis sem alteração relevante de custo e com pequenas alterações alimentares;

- O artigo trás um capítulo especial para tratar das vantagens da programação linear, que, sinteticamente, são: Simplicidade, análise de sensibilidade, modelagem de grupos de decisão e matrizes de comparação pareada mista (CHANDRAN *et al.*, 2005);
- Geralmente, em estudos de mensuração da eficiência energética são utilizadas técnicas de DEA (*Data envelopment analysis* - Análise por envoltório de dados), entretanto, estes modelos não consideram as saídas indesejáveis do processo energético, como a emissão de CO₂, enquanto a programação linear combinada ao DEA, oferece um estudo que considera a produção de saídas desejáveis e indesejáveis; (ZHOU e ANG, 2008);
- Modelos de programação linear têm sido utilizados na investigação dos serviços de saúde com foco na tomada de decisão e alocação de recursos. O método é útil porque é um modelo matemático que reconhece explicitamente limitações em recursos de saúde e desenvolve inter-relações entre estes parâmetros (MULHOLLAND, 2005);
- A programação linear pode contribuir para a concepção de alimentos prontos para o uso, visando combater diferentes formas de desnutrição e utilizando matérias-primas que são mais baratas e que disponíveis regionalmente, além de atender às preferências culturais locais (DIBARI *et al.*, 2012);
- A programação linear, que tem sido utilizada com sucesso para avaliar em que medida as questões de acessibilidade afetam o acesso a uma alimentação nutritiva e de propor dietas econômicas que atendam às necessidades de nutrientes, também pode ser uma ferramenta útil em estudos de viabilidade fortificação (FREGEA *et al.*, 2012).

Os benefícios foram variados, e a maioria destes foi relacionada ao contexto do artigo.

Partindo para a análise das respostas da questão nº 4, que obteve um aproveitamento de 100% em relação ao número de artigos e respostas, serão listados abaixo os temas abordados por cada artigo:

1. Este artigo foi aplicado para analisar o impacto da incerteza associada aos parâmetros de entrada em um modelo de otimização de mina de carvão, englobando os processos de mineração, processamento e venda do carvão. O objetivo do autor foi avaliar o risco associado à melhor solução encontrada devido à incerteza nos parâmetros de entrada (CARVALHO JUNIOR *et al.*, 2012);
2. Este artigo trata-se da apresentação de um problema de inspeção de contêineres, onde foi utilizada uma descrição poliédrica da árvore de decisão para posterior determinação de um modelo de programação linear de grande porte para a inspeção ótima de contêineres sob diversas limitações (BOROS *et al.*, 2009);
3. Este artigo trata-se de um estudo para a determinação de um contrato de energia elétrica mais apto para indústrias de alto consumo para cada mês do ano com o intuito de diminuir a conta de energia destas (CHEN e LIAO, 2011);
4. Este artigo propõe um novo modelo de programação linear que mapeia os postos de trabalho independentes, com um determinado prazo e orçamento de recursos alugados na rede com o objetivo de minimizar o custo combinado de todos os usuários que compartilham uma meta-programador (GARG *et al.*, 2011);
5. O modelo matemático deste estudo foi desenvolvido considerando uma abordagem integrada de configuração de células de manufatura e limitação do tamanho de lote em um ambiente dinâmico de produção (DEFERSHA E CHEN, 2008);
6. Este artigo propõe um método de programação linear para integrar o conceito de peso variável do DEA em AHP para gerar pesos mais favoráveis como critério ou alternativa da base da matriz de comparação emparelhada (WANG, 2008);

7. Este artigo trata-se da aplicação da programação linear em um problema de planejamento de tratamentos de terapia de radiação para pacientes com câncer (ROMEIJN *et al.*, 2006);
8. É uma aplicação da programação linear em um problema de minimização de custos de produção e obtenção dos três componentes da energia, inclusive das emissões de CO₂ (RONG E LAHDELMA, 2005);
9. Este artigo é um estudo focado no uso da programação linear para formular rações balanceadas e de menos custo para a engorda de bezerros na Jordânia em diferentes estágios de idade (ALDESEIT, 2012);
10. Estudo aplicado à área de Nutrição com o objetivo de prever, para as mulheres francesas, o impacto de uma restrição de custo sobre as escolhas alimentares requeridas para uma dieta nutricional adequada, medindo o impacto desta restrição na qualidade das dietas (DARMON, 2006);
11. Este artigo não é uma aplicação, mas sim uma explicação do método Simplex aplicado a problemas de programação linear (GALE, 2007);
12. Este artigo é uma aplicação da programação linear para estimar os pesos de uma matriz de comparação pareada gerada em um quadro de análise hierárquica de processos (WANG, 2008);
13. Este artigo se baseia em um estudo de medição eficiência energética (ZHOU E ANG, 2008);
14. Estudo de programação linear aplicada ao Planejamento das Operações de Cadeia de Suprimentos (SPITTER *et al.*, 2005);
15. Este artigo trata da aplicação da programação linear para otimizar resultados financeiros tanto para um hospital quanto para os médicos de um departamento de cirurgia (MULHOLLAND *et al.*, 2005);

16. O objetivo deste estudo foi testar um método baseado em programação linear para projetar a formulação mais barata de um alimento pronto para uso terapêutico, que preenchesse os requisitos de macro-nutrientes predefinidos usando alimentos de regiões específicas que são culturalmente aceitáveis e podem ser processados com as tecnologias disponíveis localmente (DIBARI *et al.*, 2012);
17. O objetivo deste estudo foi utilizar uma dieta modelada com programação linear para demonstrar que os alimentos com boa qualidade nutricional relativo ao seu preço podem ser facilmente identificados usando seus perfis nutricionais e seu custo energético (MAILLOT *et al.*, 2008).
18. Neste trabalho foram analisadas as possibilidades que são trazidas pelo uso de técnicas de programação linear, no âmbito dos processos de seleção de acesso em ambientes de rede sem fio heterogêneas (CHOQUE, 2011);
19. Este trabalho teve como objetivo fornecer uma estimativa econômica dos custos da seca no setor de corte da economia iraniana, usando um modelo de programação linear para estimar os custos diretos na agricultura e um modelo “macro-econômico” para traçar os impactos indiretos sobre o resto da economia (SALAMI *et al.*, 2009);
20. Este artigo apresenta uma abordagem de programação linear para analisar e otimizar uma linha de fluxo de produção (HELBER *et al.*, 2010);
21. Este artigo trata-se de uma aplicação da programação linear ao campo da Nutrição com o objetivo de descrever e aplicar uma ferramenta da PL (Custo da Dieta) com dados de Moçambique e determinar qual seria a estratégia de fortificação (FREGA *et al.*, 2012).

Finalizando a etapa de Revisão Sistêmica, percebe-se a importância desta devido à oportunidade proporcionada de conhecer as informações relevantes a cada artigo, como o tema abordado; quais são os *softwares* geralmente mais usados; os benefícios gerados pela

programação linear ou pelo contexto combinado com o método e também conhecer as dificuldades encontradas na aplicação desta prática.

Todas essas informações são importantes para a interpretação dos artigos selecionados e também para a gestão do conhecimento de programação linear, o que pode influenciar novos pesquisadores e cada vez mais, contribuir para a construção de mais conhecimento acerca do tema estudado.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1 Contribuições

Echer (2001) cita que ao redigir um projeto de pesquisa é necessário que o pesquisador tenha embasamento teórico sobre o tema da pesquisa e sobre a metodologia que pretende utilizar, e estes podem ser alcançados através do desenvolvimento de uma revisão bibliográfica bem estruturada.

Com base neste ponto de vista e pelo que foi apresentado nos tópicos anteriores deste trabalho, a revisão de literatura é uma etapa primordial na construção de uma pesquisa acadêmica e o método *ProKnow-C* aplicado na definição de um portfólio bibliográfico de relevância acadêmica comprovada pode contribuir com esta etapa, auxiliando no levantamento de artigos relevantes ao tema pesquisado com base em uma série de filtros quantitativos e qualitativos pré-estipulados.

O presente trabalho baseou-se em definir um portfólio bibliográfico sobre Programação Linear, bem como realizar uma análise bibliométrica e revisão sistêmica do banco de dados obtido com o objetivo de levantar informações relevantes sobre estes trabalhos. Desta maneira, estes artigos comprovadamente contribuem com a formação de conhecimento sobre o tema da pesquisa e pode auxiliar potenciais pesquisadores no processo de estruturação de um projeto de pesquisa, tanto para projetos relacionados a Programação Linear quanto para os relacionados à metodologia aplicada na construção do portfólio.

5.2 Dificuldades e Limitações

O presente trabalho trata da aplicação de uma metodologia já desenvolvida por outros autores porém aplicada em um tema de pesquisa ainda não estudado, ou ao menos ainda não divulgado em meio acadêmico. Por esta razão, as dificuldades encontradas concentram-se no fato de a metodologia exigir grande esforço operacional e tempo para a realização de cada um dos filtros estipulados e apresentados na Figura 1 (Pág. 18) deste trabalho.

Dentre as maiores dificuldades, é possível assinalar:

1. Na etapa de definição do portfólio bruto, as palavras-chave foram adicionadas aos campos de busca das bases de dados que então, retornavam artigos que se adequassem àquelas palavras e aos demais requisitos de pesquisa assinalados no momento da busca. Muitas bases retornaram centenas de artigos, e estes deveriam ser adicionados ao *software JabRef* para que fossem gerenciados e analisados nas etapas posteriores. Se os artigos fossem adicionados um a um ao *software*, esta etapa consumiria dias ou até meses de trabalho altamente repetitivo e operacional. Porém, como já foi dito neste trabalho, algumas bases possuem uma ferramenta de compactação e exportação dos artigos diretamente para *softwares* gerenciadores de referências, como o *JabRef*. Por este motivo, as bases que não possuíam esta ferramenta foram descartadas desta etapa da pesquisa;
2. Na etapa de exclusão de artigos repetidos, foi utilizada a opção “*Find Duplicates*” que tem a função de localizar no banco de dados utilizado do *JabRef* todos os artigos repetidos e excluí-los. Entretanto, caso houvesse qualquer detalhe que diferenciasse um título de outro repetido, como por exemplo, um acento, o sistema não localizava a repetição e mantinha artigos iguais no sistema, gerando o retrabalho de excluir esses artigos quando fossem encontrados;
3. Na etapa de levantamento do número de citações de cada artigo, foi utilizado o *Google Scholar* como fonte de pesquisa. Para isso, os títulos dos artigos eram adicionados ao campo de busca do *Google* que retornava em seguida o número de citações dos artigos que eram encontrados. Como foram selecionados 1830 artigos para serem analisados nesta etapa, o processo de busca pelos artigos no *Google* foi bastante operacional devido ao número de artigos;
4. Na etapa de definição do ponto de corte, devido ao fato de a metodologia propor a utilização de um ponto de corte de 85% e se esse ponto fosse obedecido seria excluído um número expressivo de artigos do banco de dados, a autora do presente trabalho preferiu utilizar um ponto de corte maior (98%) e utilizar um número maior de artigos nos filtros seguintes;
5. Por fim, o ponto de maior dificuldade encontrada pela autora deste trabalho, foi a etapa de leitura integral dos artigos para a seleção final do portfólio bibliográfico. Foram lidos 85 artigos e dentre estes, alguns utilizavam técnicas de Pesquisa Operacional que se assemelhavam à Programação Linear mas não eram exatamente

parte do mesmo método, e outros traziam cálculos bastante complexos que aparentemente os diferenciavam do método de Programação Linear mas no fim se tratava do mesmo assunto, sendo que os cálculos mais complexos existiam devido à natureza do problema e não à aplicação do método. Estes fatos geraram dificuldades na seleção dos artigos finais, porém, o auxílio da orientadora do presente trabalho foi primordial nas decisões tomadas pela autora.

5.3 Trabalhos Futuros

Por apresentar detalhadamente as etapas de definição de portfólio bibliográfico, análise bibliométrica e revisão sistêmica do tema de pesquisa, o presente trabalho poderá ser utilizado futuramente como base para construção de conhecimento bibliográfico destas três ferramentas que poderão ser aplicadas a quaisquer assuntos que outros pesquisadores desejarem estudar.

Como explicado na etapa de metodologia, uma das etapas do método ProKnow-C, chamada de “definição da pergunta de pesquisa e objetivo da pesquisa” não foi abrangida pelo presente trabalho devido à extensão e ao tempo disponível para o desenvolvimento do mesmo. Logo, aprimorar esta etapa bem como sugerir novas análises para o portfólio obtido é uma oportunidade para o desenvolvimento de trabalhos futuros.

Ademais, os artigos selecionados e comprovadamente relevantes ao tema “Programação Linear” poderão ser utilizados por pesquisadores da área que necessitarem desenvolver conhecimento ou compor uma revisão bibliográfica na construção de sua pesquisa.

6 REFERÊNCIAS

- ABEPRO (2008). *Áreas e Sub-áreas da Engenharia de Produção*. Recuperado em 25 de Junho, 2013 de <http://www.abepro.org.br/interna.asp?p=399&m=424&ss=1&c=362>.
- AFONSO, M. H. F. *et al.* Como Construir Conhecimento Sobre O Tema De Pesquisa? Aplicação Do Processo Proknow-C Na Busca De Literatura Sobre Avaliação Do Desenvolvimento Sustentável. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, v. 5, n. 2, p. 47-62, 27 fev. 2012.
- ALDESEIT, B.; MAJDALAWI, M.; ATA, M. Application of Linear Programming Technique to Formulate Least Cost Balanced Ration for Calves-Fattening in Jordan. **Journal of Animal and Veterinary Advances**, 2012.
- ARENALES *et al.* **Pesquisa Operacional: As Disciplinas da Execução da Estratégia**. [s.l.] Elsevier, 2006. v. 2006p. 544
- BALLOU, R. H. **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos: Logística Empresarial**. 5ª edição ed. [s.l.] Bookman, 2006. p. 616
- BOROS, E. *et al.* A large-scale linear programming model for finding optimal container inspection strategies. **Naval Research Logistics**, v. 56, n. 5, p. 404-420, ago. 2009.
- BOWERSOX, D. J.; COOPER, M. B.; CLOSS, D. J. **Gestão Logística de Cadeias de Suprimentos**. [s.l.] Bookman, 2006. p. 528
- CARVALHO JUNIOR, J. . DE; KOPPE, J. .; COSTA, J. F. C. . A case study application of linear programming and simulation to mine planning. **Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy**, v. 112, n. 6, p. 477-484, 2012.
- CHANDRAN, B.; GOLDEN, B.; WASIL, E. Linear programming models for estimating weights in the analytic hierarchy process. **Computers & Operations Research**, v. 32, n. 9, p. 2235-2254, set. 2005.
- CHEN, C.-Y.; LIAO, C.-J. A linear programming approach to the electricity contract capacity problem. **Applied Mathematical Modelling**, v. 35, n. 8, p. 4077-4082, ago. 2011.
- CHOQUE, J.; AGÜERO, R.; MUÑOZ, L. Optimum Selection of Access Networks Within Heterogeneous Wireless Environments Based on Linear Programming Techniques. **Mobile Networks and Applications**, v. 16, n. 4, p. 412-423, 14 jun. 2011.
- DARMON, N.; FERGUSON, E. L.; BRIEND, A. Impact of a cost constraint on nutritionally adequate food choices for French women: an analysis by linear programming. **Journal of nutrition education and behavior**, v. 38, n. 2, p. 82-90, jan. 2006.
- DEFERSHA, F. M.; CHEN, M. A linear programming embedded genetic algorithm for an integrated cell formation and lot sizing considering product quality. **European Journal of Operational Research**, v. 187, n. 1, p. 46-69, maio. 2008.
- DIBARI, F. *et al.* Low-cost, ready-to-use therapeutic foods can be designed using locally available commodities with the aid of linear programming. **The Journal of nutrition**, v. 142, n. 5, p. 955-61, 1 maio. 2012.

ECHER, I. C. A REVISÃO DE LITERATURA NA CONSTRUÇÃO DO TRABALHO CIENTÍFICO Literature review in a scientific work. **Revista Gaúcha de Enfermagem**, v. 22, p. 5-20, 2001.

ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S. R.; PACHECO, G. C. Um estudo sobre segurança em estádios de futebol baseado na análise bibliométrica da literatura internacional. **Perspectivas em Ciência da Informação**, v. 17, n. 2, p. 71-91, jun. 2012.

FREGA, R. *et al.* What linear programming contributes: World Food Programme experience with the “Cost of the Diet” tool. **Food & Nutrition Bulletin**, v. 33, n. 2, p. 7, 2012.

GALE, D. Linear programming and the simplex method. **Notices of the AMS**, 2007.

GARG, S. K.; KONUGURTHI, P.; BUYYA, R. A linear programming-driven genetic algorithm for meta-scheduling on utility grids. **International Journal of Parallel, Emergent and Distributed Systems**, v. 26, n. 6, p. 493-517, dez. 2011.

GOLDBARG, M. C.; LUNA, H. P. L. **Otimização combinatória e Programação Linear: Modelos e Algoritmos.** 7 ed. Rio de Janeiro: Editora Elsevier, 2000. p. 649p

HELBER, S. *et al.* Using linear programming to analyze and optimize stochastic flow lines. **Annals of Operations Research**, v. 182, n. 1, p. 193-211, 11 fev. 2010.

HILLIER, F. S.; LIEBERMAN, G. J. **Introdução à Pesquisa Operacional.** [s.l.] AMGH, 2013. p. 1028

JUNIOR, E. D. B.; ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S. R. Seleção e análise de um portfólio de artigos sobre avaliação de desempenho na cadeia de suprimentos. **GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, p. 113-125, 2011.

JUNIOR, E. D. B.; ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S. R. **Proposta de processo para seleção, bibliometria e revisão sistêmica de artigos sobre a avaliação de desempenho na cadeia de suprimentos** *Revista Produção Online*, 16 nov. 2012. Disponível em: <<http://www.producaoonline.org.br/rpo/article/view/787/947>>. Acesso em: 24 mar. 2013

LACHTERMACHER, G. **Pesquisa operacional na tomada de decisões: modelagem em Excel.** Rio de Janeiro: Editora Campus, 2002. p. 384

MACEDO, N. D. DE. **Iniciação à pesquisa bibliográfica: guia do estudante para a fundamentação do trabalho de pesquisa.** [s.l.] Unimarco, 1995. p. 69

MAILLOT, M. *et al.* Nutrient Profiling Can Help Identify Foods of Good Nutritional Quality for Their Price: a Validation Study with Linear Programming. **J. Nutr.**, v. 138, n. 6, p. 1107-1113, 1 jun. 2008.

MULHOLLAND, M. W.; ABRAHAMSE, P.; BAHL, V. Linear programming to optimize performance in a department of surgery. **Journal of the American College of Surgeons**, v. 200, n. 6, p. 861-8, jun. 2005.

PARLAR, M. **Interactive Operational Research with Maple: Methods and Models.** 1º. ed. Ontario, Canadá: Editora Birkhäuser, 2000. p. 468p

PEREIRA, C. DA C. DOS S. **Modelos de Programação Linear na Gestão Florestal.** Disponível em:

<<http://pesquisa.biblioteca.iscte.pt/record?id=oai:repositorio.utad.pt:10348/582>>. Acesso em: 24 mar. 2013.

PEREIRA, R. P. **Introdução à Pesquisa Linear**. [s.l.] Universidade Tecnológica do Paraná, 2013.

ROMEIJN, H. E. *et al.* A New Linear Programming Approach to Radiation Therapy Treatment Planning Problems. **Operations Research**, v. 54, n. 2, p. 201-216, 1 mar. 2006.

RONG, A.; LAHDELMA, R. An efficient linear programming model and optimization algorithm for trigeneration. **Applied Energy**, v. 82, n. 1, p. 40-63, set. 2005.

SALAMI, H.; SHAHNOOSHI, N.; THOMSON, K. J. The economic impacts of drought on the economy of Iran: An integration of linear programming and macroeconomic modelling approaches. **Ecological Economics**, v. 68, n. 4, p. 1032-1039, fev. 2009.

SCALABRIN, I. *et al.* Programação Linear: Estudo de Caso com utilização do Solver da Microsoft Excel. **Revista Universo Contábil**, v. 2, n. 2, p. 54-66, 2006.

SHERMAN, D. H.; ZHU, J. Analyzing Performance in Service Organizations. **Summer 2013**, p. 1-44, 2013.

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. **Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação**. 4 ed. ed. Florianópolis: [s.n.]. p. 138

SILVA, E. M. DA *et al.* **Pesquisa Operacional: Programação Linear e Simulação**. 3^o Edição ed. São Paulo: Editora Atlas S.A, 1998. p. 185

SPITTER, J. M. *et al.* Linear programming models with planned lead times for supply chain operations planning. **European Journal of Operational Research**, v. 163, n. 3, p. 706-720, jun. 2005.

TAHA, H. A. **Operations Research: An Introduction**. 7^o Edition ed. Arkansas, Fayetteville, United States: [s.n.]. p. 830p

VILELA, L. DE O. APLICAÇÃO DO PROKNOW-C PARA SELEÇÃO DE UM PORTIFÓLIO BIBLIOGRÁFICO E ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA SOBRE AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DA GESTÃO DO CONHECIMENTO APPLICATION OF PROKNOW-C TO SELECT BIBLIOGRAPHY PORTFOLIO AND BIBLIOMETRIC ANALYSI. **Revista Gestão Industrial**, p. 76-92, 2012.

WANG, Y.-M.; PARKAN, C.; LUO, Y. A linear programming method for generating the most favorable weights from a pairwise comparison matrix. **Computers & Operations Research**, v. 35, n. 12, p. 3918-3930, dez. 2008.

ZHOU, P.; ANG, B. W. Linear programming models for measuring economy-wide energy efficiency performance. **Energy Policy**, v. 36, n. 8, p. 2911-2916, ago. 2008.

Universidade Estadual de Maringá
Departamento de Engenharia de Produção
Av. Colombo 5790, Maringá-PR CEP 87020-900
Tel: (044) 3011-4196/3011-5833 Fax: (044) 3011-4196