



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CAMPUS QUIXADÁ
BACHARELADO EM ENGENHARIA DE SOFTWARE

NOME SOBRENOME

TÍTULO DO TRABALHO: SUBTÍTULO

QUIXADÁ – CEARÁ
2016

NOME SOBRENOME

TÍTULO DO TRABALHO: SUBTÍTULO

Monografia apresentada no curso de Engenharia de Software da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de bacharel em Engenharia de Software. Área de concentração: Computação.

Orientador: Nome do seu Orientador

Co-Orientador: Nome Co-orientador

QUIXADÁ – CEARÁ

2016

Use www.fichacatalografica.ufc.br/ para atualizar os dados a seguir, depois envie para verificação final pela biblioteca.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- L696r Lima, Bruno Rhafael Fonteles de.
 Representação do conhecimento para implementação de um repositório de monografias utilizando um gerenciador de referências bibliográficas. / Bruno Rhafael Fonteles de Lima. – 2016.
 50 f. : il., p&b.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Campus de Quixadá, Curso de Redes de Computadores, Quixadá, 2016.
 Orientação: Prof^a. Dr^a. Tânia Saraiva de Melo Pinheiro.
1. Gestão do conhecimento. 2. Ontologia. 3. Controle bibliográfico. I. Título.

CDD 004.6

NOME SOBRENOME

TÍTULO DO TRABALHO: SUBTÍTULO

Monografia apresentada no curso de Engenharia de Software da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de bacharel em Engenharia de Software. Área de concentração: Computação.

Aprovada em:

BANCA EXAMINADORA

Nome do seu Orientador (Orientador)
Campus Quixadá
Universidade Federal do Ceará – UFC

Nome Co-orientador (Co-Orientador)
Campus Quixadá
Universidade Federal do Ceará - UFC

Membro da Banca Dois
Campus Quixadá
Universidade Federal do Ceará - UFC

Membro da Banca Três
Campus Quixadá
Universidade Federal do Ceará - UFC

A Deus.

Aos meus pais, Xxxxx e Xxxxxx.

AGRADECIMENTOS

À CAPES, pelo apoio financeiro com a manutenção da bolsa de auxílio.

Ao Prof. Dr. Xxxxx Xxxxx Xxxxx, pela excelente orientação.

Aos professores participantes da banca examinadora Xxxxx Xxxxx Xxxxx e Xxxxx Xxxxx Xxxxx pelo tempo, pelas valiosas colaborações e sugestões.

Aos professores entrevistados, pelo tempo concedido nas entrevistas.

Aos colegas da turma de mestrado, pelas reflexões, críticas e sugestões recebidas.

“Coloque aqui a epígrafe de sua escolha com
indicação de autoria”

(Autor da Epígrafe)

RESUMO

Apresentação concisa dos pontos relevantes do documento, fornecendo uma visão rápida e clara do conteúdo. Deve ser informativo, conter de 150 a 500 palavras, apresentando finalidades, metodologia, resultados e conclusões. Deve-se usar o verbo na voz ativa e na terceira pessoa do singular. Deve ser redigido em parágrafo único, mesma fonte do trabalho, e espaçamento entrelinhas 1,5.

Palavras-chave: Palavra Chave 1. Palavra Chave 2. Palavra Chave 3. Palavra Chave 4.

ABSTRACT

Tradução do resumo em língua vernácula para outro idioma de propagação internacional (em inglês ABSTRACT, em francês RESUMÉ, em espanhol RESUMEN).

Keywords: Keyword 1. Keyword 2. Keyword 3. Keyword 4

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Organização do conhecimento/Representação do conhecimento, Organização da informação/Representação da informação	27
Figura 2 – Ciclo da informação	28

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Um Exemplo de tabela alinhada que pode ser longa ou curta, conforme padrão IBGE.	29
---	----

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Exemplo de Quadro	29
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
NBR	Norma Brasileira Regulamentar
PUCPR	Pontifícia Universidade Católica do Paraná
SIBI	Sistema Integrado de Bibliotecas
trad.	Tradutor

LISTA DE SÍMBOLOS

\$	Dólar
%	Porcentagem

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	TRABALHOS RELACIONADOS	16
2.1	Quando parece ser cabível o inverso	17
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	18
3.0.1	<i>Programação Linear</i>	18
3.0.2	<i>Programação Inteira</i>	23
3.0.3	<i>Educational Timetabling</i>	24
3.0.3.1	<i>School Timetabling</i>	24
3.0.3.2	<i>Course Timetabling</i>	25
3.0.3.3	<i>Examination Timetabling</i>	25
4	MATERIAIS E MÉTODOS	26
4.1	Título da seção secundária	26
5	RESULTADOS	29
6	DISCUSSÃO	30
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	31
	REFERÊNCIAS	32
	APÊNDICE A – LOREM IPSUM	33
	APÊNDICE B – MODELO DE CAPA	34
	ANEXO A – EXEMPLO DE ANEXO	35
	ANEXO B – DINÂMICA DAS CLASSES SOCIAIS	36

1 INTRODUÇÃO

Antes do início de um semestre letivo, as universidades realizam uma série de tarefas afim de se preparar para as atividades de um novo semestre. Entre essas tarefas se encontra a alocação de professores em disciplinas, que lida com o problema de alocar professores em disciplinas e disciplinas nos horários de aula respeitando um conjunto de restrições. O problema se torna difícil de resolver quando lidamos com um grande volume de dados. Isso se dá por alguns motivos, que vão desde a quantidade de restrições envolvidas até as preferências concorrentes dos professores. Doravante, chamaremos esse problema de **PAPD (problema de alocação de professores em disciplinas)**.

No campus da **Universidade Federal do Ceará em Quixadá (UFC-Quixadá)**, a direção do campus e os coordenadores de curso participam da definição da grade de horários acadêmicos. Nela está definida toda a alocação do campus, tanto de professores em disciplinas quanto de disciplinas na grade de horários.

A alocação de professores na UFC-Quixadá atualmente é feita de forma automatizada. (falar do que nosso modelo propõe de novo e qual a vantagem disso)

Dentro do contexto de uma Universidade, conseguimos identificar três grupos de pessoas que são diretamente afetadas pelo PAPD, seja pela alocação gerada ou pelo método utilizado para fazer a alocação. São eles: os professores, os alunos e os responsáveis por gerar a alocação. Os professores têm suas preferências quanto às disciplinas que vão ministrar. Eles também podem ter um conjunto de horários indesejáveis para dar aula, como por exemplo: a última aula da noite de terça e primeira aula da manhã de quarta. Os alunos por sua vez, são diretamente afetados por uma alocação que coloque em choque os horários de duas ou mais disciplinas que eles desejam cursar. Quanto aos responsáveis pela alocação, esses lidam com um volume de trabalho que cresce de forma exponencial em função da quantidade de dados envolvidos na alocação.

No trabalho de Dodó (2011), é proposta uma forma de modelar o PAPD a partir dos conceitos da Teoria dos Jogos. Esse trabalho também leva em conta as restrições da alocação da UFC-Quixadá, de forma que uma solução do modelo proposto no trabalho satisfaz todas as restrições considerando a preferência por disciplinas dos professores. Lach e Lübbecke (2012) apresentam um modelo de Programação Linear Inteira baseado no conjunto de restrições das instâncias da *2nd International Timetabling Competition* (??). Esse modelo resolve as instâncias em dois passos: primeiro associa disciplinas com seus horários e depois associa esses horários às

salas de aula. Esse trabalho aborda o problema com dois tipos de restrições: *Hard* e *Soft*.

O restante deste artigo está dividido da seguinte forma: na Seção 2, apresentamos uma breve definição de Programação Inteira; na Seção 3, apresentamos um modelo de Programação Inteira para o PAPD; por fim, na Seção 4 estão os trabalhos futuros desta pesquisa.

A primeira versão da introdução da monografia pode ser uma cópia da introdução do projeto de pesquisa correspondente. Esta versão inicial será revisada à medida que o texto avança. A principal revisão é quando se termina todo o trabalho. A introdução é a primeira parte a ser escrita, uma vez que guia todo o trabalho, e também a última ser revisada. Enuncia-se o propósito geral do trabalho. A área é brevemente contextualizada, o que será aprofundado na seção trabalhos relacionados. Uma vez contextualizado percebe-se a relevância do estudo proposto bem como seu público alvo. Ao final da introdução, ou perto do final, o objetivo geral e os específicos são enunciados na sequência do texto, sem usar marcadores. Ao longo de todo o trabalho, convém usar a palavra “objetivo” exclusivamente para se referir os objetivos do seu trabalho. A capa e todo o texto devem ser digitados em fonte tamanho 12, e recomendamos Times New Roman. A alternativa é apenas Arial que, ao contrário do que sugere a norma, seu tamanho 11 é mais equivalente ao Times New Roman 12. Outros elementos poderão ter letra 10 pontos, como observado neste arquivo. Na dúvida, veja as normas. O texto deve ser justificado, exceto as referências no final do trabalho, que devem ser alinhadas à esquerda. Todos os autores citados devem ter a referência incluída na lista de referências posicionada no final no trabalho. Em trabalhos de graduação, encontram-se denominações das partes do trabalho como Capítulos ou como Seção, porque capítulo também é conhecido como seção primária. O autor pode optar pelo que preferir, desde que padronize a nomenclatura em todo o texto. Está previsto quebra de página entre as Seções primárias. Tipicamente, a introdução é concluída apresentando cada Seção/Capítulo que a segue.

2 TRABALHOS RELACIONADOS

No cotidiano, um bom ponto de partida para se resolver um problema é procurar soluções já existentes para utilizá-las. Costumeiramente, as soluções que já existentes não se aplicam diretamente ao nosso caso, precisando ser adaptadas. Assim, antes de se começar a resolver questões de pesquisa, é preciso conhecer o que existe de mais atual no seu tema.

Usando a abordagem de Wazlawick (2014) para explicar a necessidade de se conhecer a área de estudo, cabe lembrar que antes de se construir uma nova ponte é importante conhecer os tipos de pontes que já existem; é preciso conhecer qual a atualidade do assunto estudado. Do contrário, pode estar construindo uma catapulta achando que se trata da melhor forma de atravessar um rio!

Para conhecer a atualidade do tema de estudo proposto, o ideal seria fazer o vasto levantamento do que se tem estudado ou praticado sobre o tema. Entretanto, em cursos de graduação em geral não há tempo para tanto, a menos que o objeto do estudo seja justamente o levantamento do estado da arte. Na impossibilidade de realiza-lo, deve-se pelo menos fazer um levantamento por amostragem. Tal amostra consiste de um conjunto de trabalhos relacionados: uma boa seleção de textos encontrados em periódicos e eventos relevantes para a área estudada. O levantamento é facilitado quando se encontram materiais denominados surveys (levantamentos), podendo ser compilações de:

- **Estado-da-arte:** artigos que apresentem conceitos mais recentes, estabelecidos na literatura científica;
- **Estado-da-prática:** semelhante ao anterior, mas com foco no que está estabelecido atualmente como status quo da prática profissional.

Na escrita desta seção, deve-se evitar usar a palavra “trabalho” para se referir tanto à própria pesquisa quanto à de outro autor, sugere-se:

- em vez de “o trabalho de Bittar (2001) prevê que ...”,
- utilizar-se simplesmente “Bittar (2001) prevê que....”.

Apenas a partir do momento em que se conhece o estado da arte (ou prática), seja plenamente ou por uma amostra de trabalhos relacionados, é que o pesquisador está pronto para adequadamente identificar e possíveis pesquisas a serem realizadas. O anúncio de seus objetivos, portanto, ocorre após tecer considerações sobre o estado do conhecimento ou prática em sua área de estudo.

Quando parece ser cabível o inverso

Em algumas situações, o pesquisador tende a apresentar primeiro seu objeto de estudo e apenas depois o estado da arte. Observa-se que tais situações ocorrem quando o problema de pesquisa é extraído do cotidiano do pesquisador. Por exemplo: “não estou conseguindo bom resultado com determinado processo de trabalho, e vou pesquisar como melhorá-lo”.

Nesta situação, há uma tendência a primeiro se definir objetivo e só depois fazer um levantamento do estado da arte/prática. Mas qual seria então o propósito do tal levantamento? Buscar soluções semelhantes que auxiliem na elaboração da solução buscada? Se assim o for, então tais trabalhos relacionados não estariam também contribuindo para um refinamento na definição dos objetivos da pesquisa?

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Esse capítulo apresenta os conceitos fundamentais para a compreensão deste trabalho. A Seção 4.1 apresenta os conceitos de Programação Linear. A Seção 4.2 descreve Programação Inteira, evidenciando o que difere um modelo de Programação Inteira de um modelo de Programação Linear. A Seção 4.3 apresenta uma visão geral dos problemas de *Educational Timetabling*. Para detalhes além dos apresentados a seguir, indicamos: Schrijver (1998), Bertsimas e Tsitsiklis (1997) e Hillier e Lieberman (2010).

Programação Linear

Um modelo de **Programação Linear (PL)** é constituído por um conjunto de variáveis. Essas variáveis compõem uma função linear objetivo, além de um conjunto de equações e inequações lineares que representam as restrições do modelo. Solucionar um problema de PL é encontrar um valor para cada uma das variáveis que respeite todas as restrições e minimize o custo da função objetivo (BERTSIMAS; TSITSIKLIS, 1997).

Considere o seguinte problema de PL¹:

Exemplo 1.

minimizar

$$2x_1 - x_2 + 4x_3$$

sujeito a

$$x_1 + x_2 + x_4 \leq 2$$

$$3x_2 - x_3 = 5$$

$$x_3 + x_4 \geq 3$$

$$x_1 \geq 0$$

$$x_3 \leq 0$$

No exemplo acima, x_1 , x_2 , x_3 e x_4 são as variáveis do modelo. São compostas por elas a **função objetivo** $2x_1 - x_2 + 4x_3$, e as **restrições** $x_1 + x_2 + x_4 \leq 2$, $3x_2 - x_3 = 5$, $x_3 + x_4 \geq 3$, $x_1 \geq 0$ e $x_3 \leq 0$. As duas últimas restrições são **restrições de integridade** das variáveis x_1 e x_3 . Essas restrições têm como intuito estabelecer os limites (superiores ou inferiores) das variáveis.

¹ O problema e os conceitos apresentados adiante foram retirados de Bertsimas e Tsitsiklis (1997)

As demais variáveis que não possuem restrições de integridade, são chamadas **variáveis livres** e podem assumir qualquer valor pertencente ao conjunto dos números reais.

As restrições representadas por inequações ou equações podem assumir os formatos $ax^T \leq b$, $ax^T \geq b$ ou $ax^T = b$, onde $a = (a_1, a_2, \dots, a_n)$ e $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ são **vetores linha**, e b é um **escalar** qualquer (mais à frente veremos uma forma mais geral de representar todas as restrições). Se considerarmos a segunda restrição do exemplo acima, temos $a = (0, 3, -1, 0)$ e $b = 5$. A função objetivo tem a forma cx^T , onde $c = (c_1, c_2, \dots, c_n)$ e $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$. As expressões cx^T da função objetivo e ax^T das restrições podem ser escritas como $\sum_{i=1}^n c_i x_i$ e $\sum_{i=1}^n a_i x_i$, respectivamente.

As variáveis envolvidas no modelo são chamadas **variáveis de decisão**. Uma valoração para as variáveis de decisão que satisfaça todas as restrições é chamada **solução viável**. O conjunto de todas as soluções viáveis é chamado **conjunto viável** ou **conjunto de possibilidades**. Dado um conjunto de soluções viáveis de um problema de PL qualquer, a solução viável pertencente a esse conjunto que tenha menor valor segundo a função objetivo é chamada **solução viável ótima** ou simplesmente **solução ótima**. Quando a natureza do problema é de maximização, pode-se tratar a função de maximização utilizando seu valor oposto e transformando-a em uma função de minimização equivalente. Note que maximizar cx^T equivale a minimizar $-cx^T$.

Um problema de PL pode ter sua representação generalizada da seguinte forma: considere as restrições representadas por equações ($ax^T = b$). Podemos reescrevê-las como um par de inequações $ax^T \leq b$ e $ax^T \geq b$. Restrições com o formato $ax^T \leq b$, podem ser reescritas como $(-a)x^T \geq -b$ e restrições de integridade podem ser escritas como inequações, onde a tem apenas um valor não nulo. Podemos também representar todos coeficientes de todas as restrições como uma única matriz A de dimensões $m \times n$, onde cada linha é um vetor de coeficientes de uma única restrição. As variáveis de decisão seriam um vetor $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ e b representaria o vetor (b_1, b_2, \dots, b_m) .

Portanto, podemos generalizar um problema de PL escrevendo-o da seguinte forma:

minimizar

$$cx^T$$

sujeito a

$$Ax^T \geq b^T$$

Reescrevendo as restrições do Exemplo 1, temos:

$$\begin{pmatrix} -1 & -1 & 0 & -1 \\ 0 & 3 & -1 & 0 \\ 0 & -3 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \end{pmatrix} \geq \begin{pmatrix} -2 \\ 5 \\ -5 \\ 3 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

E para a função objetivo:

$$\begin{pmatrix} 2 & -1 & 4 & 0 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \end{pmatrix}$$

Como ilustração, considere o seguinte exemplo de Hillier e Lieberman (2010):

Exemplo 2. Uma determinada empresa fabrica produtos de vidro de alta qualidade, entre os quais janelas e portas de vidro. A empresa possui três fábricas industriais. As esquadrias de alumínio e ferragens são feitas na Fábrica 1, as esquadrias de madeira são produzidas na Fábrica 2 e, finalmente, a Fábrica 3 produz o vidro e monta os produtos.

Em consequência da queda nos ganhos, a direção decidiu modernizar a linha de produtos da empresa. Produtos não rentáveis estão sendo descontinuados, liberando capacidade produtiva para o lançamento de dois novos produtos com grande potencial de vendas:

Produto 1: Uma porta de vidro de 2,5 m com esquadria de alumínio

Produto 2: Uma janela duplamente adornada com esquadrias de madeira de $1,20 \times 1,80m$

O produto 1 requer parte da capacidade produtiva das Fábricas 1 e 3, mas nenhuma da Fábrica 2. O produto 2 precisa apenas das Fábricas 2 e 3. A divisão de marketing concluiu que a empresa poderia vender tanto quanto fosse possível produzir desses produtos por essas fábricas. Entretanto, pelo fato de ambos os produtos poderem estar competindo pela mesma capacidade produtiva na Fábrica 3, não está claro qual mix dos dois produtos seria o mais lucrativo. Portanto, foi constituída uma equipe de PO para estudar essa questão. A equipe de PO começou promovendo discussões com a alta direção para identificar os objetivos da diretoria para tal estudo. Essas discussões levaram à seguinte definição do problema:

Determinar quais devem ser as taxas de produção para ambos os produtos de modo a maximizar o lucro total, sujeito às restrições impostas pelas capacidades produtivas limitadas disponíveis nas três fábricas. (Cada produto será fabricado em lotes de 20, de forma que a taxa de produção é definida como o número de lotes produzidos por semana.) É permitida qualquer combinação de taxas de produção que satisfaça essas restrições, inclusive não produzir nada de um produto e o máximo possível do outro.

A equipe de PO também identificou os dados que precisavam ser coletados:

1. Número de horas de tempo de produção disponível por semana em cada fábrica para esses novos produtos. (A maior parte do tempo nessas fábricas já está comprometida com os produtos atuais, de modo que a capacidade disponível para os novos produtos é bastante limitada.)
2. Número de horas de tempo de produção usado em cada fábrica para cada lote produzido de cada novo produto.
3. Lucro por lote produzido de cada novo produto. Foi escolhido o lucro por lote produzido como uma medida apropriada após a equipe de PO ter concluído que o incremento de lucro de cada lote adicional produzido ser aproximadamente constante independentemente do número total de lotes produzidos. Pelo fato de nenhum custo adicional incorrer para o início da produção e a comercialização de tais produtos, o lucro total de cada um deles é aproximadamente esse lucro por lote vezes o número de lotes produzidos.

Obter estimativas razoáveis dessas quantidades exigia conseguir o apoio de pessoal-chave em várias unidades da empresa. O pessoal da divisão de manufatura forneceu os dados da primeira categoria citada anteriormente. Desenvolver estimativas para a segunda categoria de dados exigia alguma análise por parte dos engenheiros de produção envolvidos no desenvolvimento de processos de produção para os novos produtos. Analisando-se os dados de custos obtidos desses mesmos engenheiros e da divisão de marketing, juntamente com uma decisão de preços da divisão de marketing, o departamento de contabilidade desenvolveu estimativas para a terceira categoria.

Os dados coletados foram os seguintes:

- A Fábrica 1 leva uma hora para produzir um lote do produto 1 e tem quatro horas de produção disponíveis por semana.
- A Fábrica 2 leva duas horas para produzir um lote do produto 2 e tem doze horas

de produção disponíveis por semana.

- A Fábrica 3 leva três horas para produzir um lote do produto 1, duas horas para produzir um lote do produto dois e tem dezoito horas de produção disponíveis por semana.
- O lucro por lote obtido pelo produto 1 é de U\$ 3.000 e o lucro por lote do produto 2 é U\$ 5.000.

A equipe de PO reconheceu imediatamente que se tratava de um problema de programação linear do clássico tipo mix de produtos e então essa equipe empreendeu a formulação do modelo matemático correspondente.

Para formular o modelo matemático (PL) para esse problema, façamos

x_1 = número de lotes do produto 1 produzido semanalmente

x_2 = número de lotes do produto 2 produzido semanalmente

Z = lucro total por semana (em milhares de dólares) obtido pela produção desses dois produtos

Portanto, x_1 e x_2 são as variáveis de decisão para o modelo. Usando-se as informações de lucro obtemos:

$$Z = 3x_1 + 5x_2$$

O objetivo é escolher os valores de x_1 e x_2 de forma a maximizar $Z = 3x_1 + 5x_2$, sujeito às restrições impostas em seus valores por limitações de capacidade de produção disponível nas três fábricas. As informações obtidas indicam que cada lote de produto 1 fabricado por semana usa uma hora de tempo de produção por semana na Fábrica 1, ao passo que estão disponíveis somente quatro horas semanais. Essa restrição é expressa matematicamente pela inequação $x_1 \leq 4$. Similarmente, a Fábrica 2 impõe a restrição $2x_2 \leq 12$. O número de horas de produção usado semanalmente na Fábrica 3 escolhendo-se x_1 e x_2 como as taxas de produção dos novos produtos seria $3x_1 + 2x_2$. Portanto, a declaração matemática da restrição da Fábrica 3 é $3x_1 + 2x_2 \leq 18$. Finalmente, já que as taxas de produção não podem ser negativas, é necessário restringir as variáveis de decisão para serem não-negativas: $x_1 \geq 0$ e $x_2 \geq 0$.

Em suma, na linguagem matemática da PL, o problema é escolher os valores de x_1 e x_2 de forma a

maximizar

$$Z = 3x_1 + 5x_2$$

sujeito a

$$x_1 \leq 4$$

$$2x_2 \leq 12$$

$$3x_1 + 2x_2 \leq 18$$

$$x_1 \geq 0$$

$$x_2 \geq 0$$

Dado um modelo de PL de um determinado problema, utiliza-se *solvers* como o *CPLEX* (IBM, 2016) para obter uma solução para o problema. Portanto, a principal dificuldade em trabalhar com PL é produzir um modelo para o problema, visto que uma solução para o mesmo pode ser encontrada em tempo polinomial (LUENBERGER; YE, 1984).

Programação Inteira

Na seção anterior foram apresentadas as variáveis de decisão e o seu papel na modelagem dos problemas de PL. Elas podem assumir qualquer valor pertencente ao conjunto dos números reais desde de que esse valor respeite as restrições do modelo. Porém, em muitos problemas do mundo real, as variáveis de decisão só fazem sentido se assumirem valores inteiros. Quando modelamos um problema de PL onde todas as variáveis de decisão tem a restrições de só assumirem valores inteiros, chamamos o modelo gerado de um modelo de **Programação Inteira (PI)**. Também são encontrados problemas em que só parte das variáveis de decisão necessitam ser inteiras, esses são chamados problemas de **Programação Inteira Mista (PIM)**.

Há casos mais específicos de PI onde as variáveis representam decisões binárias. Por exemplo: $x_i = 1$, se a decisão i for *sim* e $x_i = 0$, se a decisão i for *não*. Modelos de PI que tenham variáveis de decisão binárias são também chamados modelos de **Programação Inteira Binária (PIB)**.

Considere o Exemplo 2, apresentado na seção anterior. Se for adicionada a restrição de que só serão contabilizados lotes inteiros, teríamos que x_1 e x_2 só poderiam assumir valores inteiros não negativos. O problema inicialmente proposto como um problema de PL se tornaria um problema de PI.

Problemas de PI puros (que só possuem variáveis inteiras) com uma região de soluções viáveis limitada têm a garantia de possuírem apenas um número finito de soluções viáveis. Isso pode dar a falsa impressão de que problemas de PI são fáceis de resolver, porém isso não é verdade (HILLIER; LIEBERMAN, 2010). É provado que resolver um modelo de PI é um problema NP-completo (SCHRIJVER, 1998).

A eliminação das soluções viáveis com valores não-inteiros nas variáveis de decisão de um problema de PL, retira a garantia de que existirá uma solução viável em um vértice da região de soluções viáveis, que é ótima para o problema como um todo. Essa garantia é o segredo da eficiência do método *Simplex* (SCHRIJVER, 1998) para resolver problemas de PL. Dessa forma, problemas de PL são geralmente mais fáceis de resolver que problemas de PI (HILLIER; LIEBERMAN, 2010).

Educational Timetabling

Educational Timetabling trata de problemas de alocação envolvendo universidades e escolas de ensino médio. Kingston (2013) divide esse problema em três classes de problemas, são eles: *school timetabling*, *course timetabling* e *examination timetabling*. *School timetabling* se refere a problemas de alocação em escolas de ensino médio, os outros dois, *course timetabling* e *examination timetabling*, tratam de problemas de alocação de horários de disciplinas e provas em universidades. Mais adiante será dada uma explicação mais precisa sobre cada uma dessas classes de problemas.

School Timetabling

No problema de ***school timetabling***, a alocação dada para ciclos semanais ou quinzenais. Os horários são particionados em períodos de mesmo tamanho. O problema também tem a característica de que os estudantes estão agrupados em classes (KINGSTON, 2004). A forma tradicional do problema segue o seguinte padrão:

Dado m classes c_1, \dots, c_m , n professores t_1, \dots, t_n , e p períodos $1, \dots, p$. Também é dado uma matriz de inteiros não negativos $R_{m \times n}$ chamada de matriz de requisitos, onde r_{ij} é o número de aulas ministradas pelo professor t_j à classe c_i . O problema consiste na atribuição de aulas a períodos de tal forma que nenhum professor ou classe se envolva em mais de uma aula ao mesmo tempo (ŠLECHTA, 2004).

Course Timetabling

Course timetabling é um problema de alocação voltado para as universidades. Nesse problema, um conjunto de disciplinas devem ser associadas a uma grade de horários e a um conjunto salas de aula. Além disso, determinadas restrições devem ser respeitadas: um professor não pode estar associado a mais de uma disciplina em um mesmo período; uma sala de aula não pode receber dois cursos ao mesmo tempo; disciplinas de um mesmo curso não podem compartilhar um período, etc. Se for impossível satisfazer todas as restrições, o número de restrições violadas deve ser minimizado (LACH; LÜBBECKE, 2012).

Para Schaerf (1999), **course timetabling** envolve a alocação semanal de aulas de uma universidade, de forma que minimize os choques de horários entre cursos que tenham alunos em comum.

Diferente de *school timetabling*, *course timetabling* não agrupa os alunos em classes. O problema nessa forma leva em conta as escolhas individuais dos alunos quanto as disciplinas a serem cursadas (KINGSTON, 2004).

Este trabalho trata de um problema de *course timetabling*, mas são levadas em conta problemas encontrados no processo de alocação da UFC-Quixadá. Por esse motivo, o problema abordado aqui tem algumas diferenças do problema em sua forma tradicional. Um exemplo é a alocação em salas de aulas, que não é levado em conta nesse trabalho. É considerado aqui apenas a alocação de professores em disciplinas, e disciplinas em horários.

Examination Timetabling

Examination timetabling é definido como sendo a atribuição de um conjunto de exames (ou provas) a um número limitado de horários sujeito a um conjunto de restrições (YANG; PETROVIC, 2004). Essa alocação deve evitar choque de horários entre exames de cursos que tenham alunos em comum (SCHAERF, 1999).

Assim como *course timetabling*, esse é um problema encontrado nas universidades. A característica principal que difere ambos, é a restrição quanto aos choques de horários entre disciplinas ou exames que tenham alunos em comum. *course timetabling* tenta minimizar esses choques de horários, enquanto que *examination timetabling* deve evita-los de qualquer forma.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Procedimentos Metodológicos relaciona-se aos passos percorridos para responder as questões de pesquisa. Deve ser detalhado o suficiente para que outro pesquisador possa reproduzir o caminho percorrido, buscando atender às características de replicabilidade e verificabilidade da ciência. Mesmo quando não é cabível se reproduzir o estudo com as mesmas pessoas, a possibilidade de replicação do método com um público diferente é característica fundamental para a evolução do conhecimento na área.

Descrevem-se detalhadamente as etapas para a realização da pesquisa, incluindo o campo da pesquisa e a amostra de dados considerada. Da mesma forma que uma receita culinária, ou a descrição de um algoritmo, o método científico tem uma linguagem própria a ser seguida e é preciso cumprir as tradições de cada área de pesquisa para que os resultados sejam considerados válidos.

Cada etapa da realização do trabalho deverá responder informar aspectos como: 1) objetivo da etapa, materiais utilizados, métodos de trabalho, e campo de estudo. O campo é o local onde serão coletados os dados, devendo-se informar onde, quem, e quando ocorrerá. Quando aplicável, faça referências a apêndices do seu trabalho contendo os instrumentos de coleta de dados a serem utilizados.

Cada comunidade científica possui diferentes métodos para investigar a realidade. As técnicas de pesquisa mudam conforme a natureza do estudo e de sua área, sejam elas relacionadas à coleta ou ao registro de dados.

Seguem alguns exemplos:

- Experimentos, o que inclui desenvolvimento de protótipos ou produtos;
- Análise de documentos;
- Entrevistas, em duas diversas variações;
- Observações, em suas diversas variações.

Estas são apenas orientações gerais. É fundamental consultar o orientador quando às práticas comuns para a área temática do trabalho

Título da seção secundária

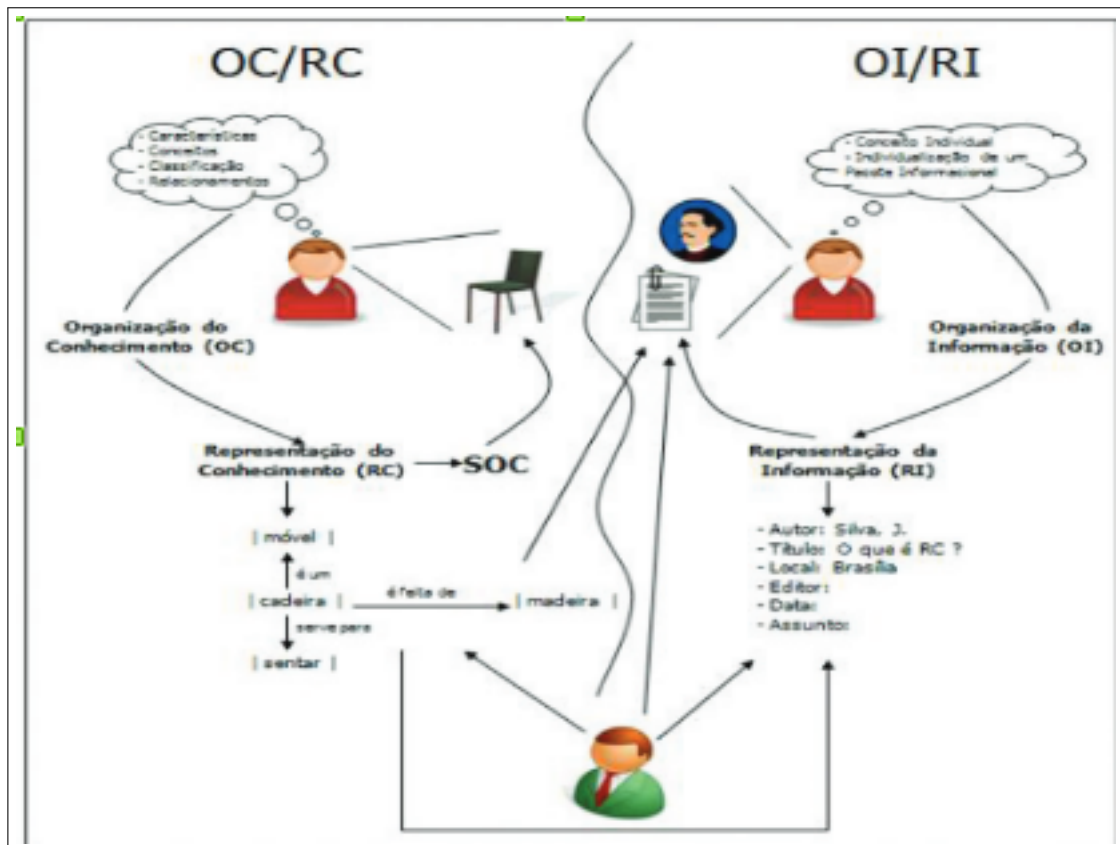
Em caso de trabalhos com coleta de dados em campo, típico de áreas como IHC e gestão, por exemplo, esta seção contém a metodologia da pesquisa. Em caso de trabalhos mais

voltados para desenvolvimento, ou mais ligados à matemática, esta seção será mais breve, se houver, contendo a descrição geral dos passos realizados.

As ilustrações (fotografias, gráficos, mapas, plantas, quadros) e tabelas devem ser citados e inseridos o mais próximo possível do trecho a que se referem. O título de ilustrações deve estar alinhado à sua esquerda; se a ilustração for pequena, pode-se adicionar uma moldura para o resultado ficar esteticamente melhor.

Figuras devem ser legíveis, ao contrário da forma como está exibida a Figura 2.

Figura 1 – Organização do conhecimento/Representação do conhecimento, Organização da informação/Representação da informação



Fonte – Smit e Lara (2010)

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc.

Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Figura 2 – Ciclo da informação



Fonte – Tristão et al. (2004)

5 RESULTADOS

Na Seção de resultados faz-se um relato detalhado do que foi realizado, em especial quando se tratar de desenvolvimento. Descrição sintetizada dos dados coletados, visando responder à questão que motivou a investigação.

A qualificação da amostra é informação de procedimentos, e não da seção Dados/resultados. Por exemplo, o percentual de homens/mulheres e identificação de público por faixa etária deve estar informado nesta seção de procedimentos porque qualifica a amostra – não são dado-resultados de pesquisa.

Tabelas não devem ter bordas laterais, como exemplificado na Tabela 1.

Tabela 1 – Um Exemplo de tabela alinhada que pode ser longa ou curta, conforme padrão IBGE.

Nome	Nascimento	Documento	Nascimento	Documento	Nascimento
Maria da Silva	11/11/1111	111.111.111-11	111.111.111-11	111.111.111-11	111.111.111-11
Maria da Silva	11/11/1111	111.111.111-11	111.111.111-11	111.111.111-11	111.111.111-11
Maria da Silva	11/11/1111	111.111.111-11	111.111.111-11	111.111.111-11	111.111.111-11

Fonte – Produzido pelos autores

Nota – Esta é uma nota, que diz que os dados são baseados na regressão linear.

Anotações – Uma anotação adicional, seguida de várias outras.

Quando não há operações sobre os dados de uma tabela, utiliza-se a denominação Quadro ou simplesmente Figura. A formatação de bordas é livre para Quadros, assim como nos elementos denominados Figura (ver Quadro).

Quadro 1 – Exemplo de Quadro

Quisque	faucibus	pharetra
E1	F1	Complete coverage by a single transcript
E2	F1	Complete coverage by more than
E3	F1	Partial coverage
E4	F1	Partial coverage
E5	F1	Partial coverage
E6	F1	Partial coverage
E7	F1	Partial coverage

Fonte – Elaborado pelo autor

6 DISCUSSÃO

A discussão consiste em destacar os principais resultados, bem como compará-los entre si. Nesta Seção deve-se dar sentido ao que foi encontrado, relacionando com os objetivos do estudo, e considerando o ponto de vista escolhido para análise.

O ponto de vista da análise deve estar em conformidade com o conteúdo da Seção de Fundamentação Teórica. Repetindo: a discussão deve estar embasada nos conceitos da fundamentação teórica, ou não terá sentido ter apresentado a fundamentação teórica no mesmo texto. Mais uma vez: é preciso verificar se os critérios de análise considerados estão explicitados na seção de revisão bibliográfica/fundamentação teórica.

Em algumas monografias, poderá ser conveniente unir a Resultados e Discussão em uma única Seção. A melhor escolha será aquela que permitir a melhor apresentação do trabalho realizado e suas contribuições. Mesmo nas situações em que a separação é mais conveniente, sugere-se que comecem a ser escritas separadamente para evitar que o conteúdo excessivo de um item não iniba o detalhamento da escrita do outro item.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Parte final do texto na qual se apresentam as conclusões apoiadas no desenvolvimento do assunto. É a recapitulação sintética dos resultados obtidos. Pode apresentar recomendações e sugestões para pesquisas futuras.

Os objetivos gerais guiam todo o trabalho de redação das considerações finais. Sendo assim, pode-se começar relendo os objetivos e analisando se eles foram, ou não, comprovadamente atingidos ao longo do trabalho.

Aqui apresentam-se os pontos positivos e negativos da jornada, sempre visando responder aos objetivos traçados na introdução da monografia.

Isaac Newton certa vez afirmou: “se vim mais longe foi por estar no ombro de gigantes”. Deve-se reconhecer, para este trabalho, a contribuição dos que o antecederam. Mostra-se de que forma autores pesquisados e trabalhos anteriores contribuíram para o desenvolvimento do seu trabalho.

É raro se encontrar citações nas considerações finais. Uma possibilidade é quando se deseja comparar os resultados obtidos com os resultados de outras pesquisas. Por exemplo, em trabalhos de otimização de alguma coisa, e se chegou a resultados diferentes de que outro pesquisador, este outro pesquisador pode ser citado e ter seus resultados comparados com o que foi alcançado.

Responda à questão: qual a contribuição do seu trabalho? Para tanto, volte à introdução, veja a contribuição prometida para a pesquisa, e comente a contribuição agora com base nos resultados do trabalho.

Opine! Aproveite! Essa é uma rara chance em que você tem liberdade para expressar sua opinião sem precisar buscar fundamentação na bibliografia ou nos dados coletados. Relacione os aspectos que ficaram de fora do escopo do seu trabalho, apresentando-os como sugestões de trabalhos futuros. Desta forma, outros pesquisadores poderão dar continuidade ao que você construiu

REFERÊNCIAS

- BERTSIMAS, D.; TSITSIKLIS, J. N. **Introduction to linear optimization**. [S.l.]: Athena Scientific Belmont, MA, 1997. v. 6.
- HILLIER, F. S.; LIEBERMAN, G. J. **Introdução à pesquisa operacional**. [S.l.]: McGraw Hill, 2010.
- IBM. **IBM ILOG CPLEX Optimization Studio**. 2016. Disponível em: <<http://www-03.ibm.com/software/products/pt/ibmilogcpleoptistud>>. Acesso em: 19 Maio 2016.
- KINGSTON, J. H. A tiling algorithm for high school timetabling. In: **Practice and Theory of Automated Timetabling V**. [S.l.]: Springer, 2004. p. 208–225.
- KINGSTON, J. H. Educational timetabling. In: **Automated Scheduling and Planning**. [S.l.]: Springer, 2013. p. 91–108.
- LACH, G.; LÜBBECKE, M. E. Curriculum based course timetabling: new solutions to udine benchmark instances. **Annals of Operations Research**, Springer, v. 194, n. 1, p. 255–272, 2012.
- LUENBERGER, D. G.; YE, Y. **Linear and nonlinear programming**. [S.l.]: Springer, 1984. v. 2.
- SCHAERF, A. A survey of automated timetabling. **Artificial intelligence review**, Springer, v. 13, n. 2, p. 87–127, 1999.
- SCHRIJVER, A. **Theory of linear and integer programming**. [S.l.]: John Wiley & Sons, 1998.
- ŠLECHTA, P. Decomposition and parallelization of multi-resource timetabling problems. In: **Practice and Theory of Automated Timetabling V**. [S.l.]: Springer, 2004. p. 177–189.
- SMIT, J. W.; LARA, M. L. G. d. Temas de pesquisa em ciência da informação no brasil. Escola de Comunicações e Artes/USP, 2010.
- TRISTÃO, A. M. D.; FACHIN, G. R. B.; ALARCON, O. E. et al. Sistema de classificação facetada e tesouros: instrumentos para organização do conhecimento. **Ciência da Informação, Brasília**, SciELO Brasil, v. 33, n. 2, p. 161–171, 2004.
- WAZLAWICK, R. **Metodologia de Pesquisa para Ciência da Computação, 2ª Edição**. [S.l.]: Elsevier Brasil, 2014. v. 2.
- YANG, Y.; PETROVIC, S. A novel similarity measure for heuristic selection in examination timetabling. In: **Practice and Theory of Automated Timetabling V**. [S.l.]: Springer, 2004. p. 247–269.

APÊNDICE A – LOREM IPSUM

O que temos em nosso corpo: apêndice ou anexo? Apêndice contém o que foi desenvolvido pelo autor. Anexo contém o que foi criado por outros autores.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

APÊNDICE B – MODELO DE CAPA

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

ANEXO A – EXEMPLO DE ANEXO

Aliquam lectus. Vivamus leo. Quisque ornare tellus ullamcorper nulla. Mauris porttitor pharetra tortor. Sed fringilla justo sed mauris. Mauris tellus. Sed non leo. Nullam elementum, magna in cursus sodales, augue est scelerisque sapien, venenatis congue nulla arcu et pede. Ut suscipit enim vel sapien. Donec congue. Maecenas urna mi, suscipit in, placerat ut, vestibulum ut, massa. Fusce ultrices nulla et nisl.

ANEXO B – DINÂMICA DAS CLASSES SOCIAIS

Etiam ac leo a risus tristique nonummy. Donec dignissim tincidunt nulla. Vestibulum rhoncus molestie odio. Sed lobortis, justo et pretium lobortis, mauris turpis condimentum augue, nec ultricies nibh arcu pretium enim. Nunc purus neque, placerat id, imperdiet sed, pellentesque nec, nisl. Vestibulum imperdiet neque non sem accumsan laoreet. In hac habitasse platea dictumst. Etiam condimentum facilisis libero. Suspendisse in elit quis nisl aliquam dapibus. Pellentesque auctor sapien. Sed egestas sapien nec lectus. Pellentesque vel dui vel neque bibendum viverra. Aliquam porttitor nisl nec pede. Proin mattis libero vel turpis. Donec rutrum mauris et libero. Proin euismod porta felis. Nam lobortis, metus quis elementum commodo, nunc lectus elementum mauris, eget vulputate ligula tellus eu neque. Vivamus eu dolor.