

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

PAULO HALMENSCHLAGER SZYMANSKI

PROPOSIÇÃO DE UM MODELO DE ALOCAÇÃO BASEADO EM COMPETÊNCIAS:
Um Estudo Sobre o Problema da Designação Generalizada Aplicado a Equipes de
Prestação de Serviços

Porto Alegre

2019

PAULO HALMENSCHLAGER SZYMANSKI

PROPOSIÇÃO DE UM MODELO DE ALOCAÇÃO BASEADO EM COMPETÊNCIAS:
Um Estudo Sobre o Problema da Designação Generalizada Aplicada a Equipes de
Prestação de Serviços

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção, modalidade Acadêmica, na área de concentração em Sistemas de Produção.

Orientador: Dr. José Luis Duarte Ribeiro

Porto Alegre

2019

PAULO HALMENSCHLAGER SZYMANSKI

PROPOSIÇÃO DE UM MODELO DE ALOCAÇÃO BASEADO EM COMPETÊNCIAS:
Um Estudo Sobre o Problema da Designação Generalizada Aplicada a Equipes de
Prestação de Serviços

Esta dissertação foi analisada e julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção na modalidade Acadêmica e aprovado em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora designada pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Prof. José Luis Duarte Ribeiro, Dr.

Orientador PPGEP/UFRGS

Prof. Alejandro Germán Frank, Dr.

Coordenador PPGEP/UFRGS

Aprovado em: ____/____/____

Banca Examinadora:

Professor Flávio Sanson Fogliatto, PhD. (PPGEP / UFRGS)

Professor Ricardo Augusto Cassel, Dr. (PPGEP / UFRGS)

Professora Ana Paula Beck da Silva Etges, Dra. (PUCRS)

*Dedico essa Dissertação aos meus queridos pais (Maria Fátima e Adão),
à minha linda esposa (Tatiana),
e ao meu exemplar irmão (Cárlon).*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço ao meu orientador, o Professor Dr. José Luis Duarte Ribeiro, por toda a dedicação, apoio, disponibilidade e paciência demonstrados durante o desenvolvimento desse trabalho, assim como por todo o transcurso do programa de mestrado.

Aos membros da Banca Examinadora, pelo aceite ao convite de participação para a defesa desta dissertação, apresentando valiosas contribuições para o aperfeiçoamento desse trabalho.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção (PPGEP), pela oportunidade de crescimento profissional e realizações pessoais. Agradeço a todos os professores do programa, os quais proporcionaram valiosos ensinamentos à minha formação. Agradeço também aos servidores, colegas e demais membros da comunidade acadêmica que também contribuíram significativamente com esse propósito.

Aos meus amigos que compartilharam minha trajetória dando suporte e trazendo alegria para a conclusão dessa etapa.

Agradeço à minha família, aos meus pais Maria Fátima e Adão e ao meu irmão Cárton, por todo o apoio, carinho e incentivo dedicados durante à realização deste trabalho, assim como por toda a minha vida.

Finalmente, um agradecimento especial à minha amada esposa Tatiana. Seu encorajamento, companheirismo e dedicação foram fundamentais para a minha superação de todas as dificuldades.

RESUMO

Essa dissertação aborda o desenvolvimento e a aplicação de um modelo para a solução do problema de alocação de equipes baseado em competências. Fundamentado no tradicional *problema da alocação generalizada*, inicialmente introduzido por Ross e Soland (1975), este trabalho propõe um método heurístico considerando três dimensões (trabalhador, região e competência). Considerando-se uma prestadora de serviços cuja demanda é variável segundo a sua região de origem, a quantidade de atendimentos necessários e o perfil de competências exigido para cada atendimento. Supondo ser inerente ao serviço que os trabalhadores possam realizar tanto atendimentos locais quanto em outras regiões e que é desejável priorizar atendimentos com profissionais locais. O objetivo do modelo é determinar a melhor região para a alocação individual de um grupo de profissionais, com base em seu perfil de competências e no comportamento da demanda por essas competências. O modelo desenvolvido é aplicado em uma empresa prestadora de serviços de segurança e saúde no trabalho. Quatro cenários são avaliados comparativamente, sendo um desses o ambiente original e os demais resultantes de três simulações com o método realizadas sob considerações distintas. Os resultados indicam que o modelo proposto possui significativa convergência com a solução ótima, assim como uma potencial contribuição a estratégia de atendimento da empresa.

Palavras-chave: Problema da Alocação. Equipes de Trabalho. Otimização. Serviços. Segurança e Saúde no Trabalho.

ABSTRACT

This dissertation addresses the development and the implementation of a method for solving the competency-based team allocation problem. Based on the traditional generalized assignment problem, initially introduced by Ross and Soland (1975), this paper proposes a heuristic method considering three dimensions (worker, region and competence). Considering a service provider whose demand varies according to its location (region), the amount of needed assistance and the expertise profile required for each service demanded. Assuming it is inherent to the service that workers can provide assistance both locally and remotely, and that it is desirable to prioritize local professionals for service assignment. The method's main objective is to determine the best region for the individual assignment of a group of professionals, based on their competency profile and the demand behavior for those competencies. The developed method is applied in a company that provides occupational health and safety services. Four scenarios are comparatively evaluated, one of them being the original environment and the others resulting from three simulations with the method performed under different considerations. The outcomes indicate that the proposed method has significant convergence to the optimal solution, as well as a potential contribution to the company's service strategy.

Keywords: Assignment Problem. Work Teams. Optimization. Services. Occupational health and safety.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 - Exemplo da relação entre as matrizes P, N e C..... | 49 |
| Figura 2 - Ilustração do modelo matemático por meio de matrizes..... | 52 |
| Figura 3 - Política de divisão do estado em 14 regiões | 74 |
| Figura 4 - Solicitações anuais de atendimento por mobilidade | 76 |
| Figura 5 - Solicitações mensais de atendimento..... | 76 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|---|----|
| Quadro 1 - Síntese das principais abordagens sobre o GAP, segundo Oncan. | 27 |
| Quadro 2 - Relação das normas regulamentadoras | 32 |
| Quadro 3 - Comparativo entre abordagens sobre as etapas envolvidas em problemas de PO | 49 |
| Quadro 4 - Associação entre as etapas gerais e às propostas pelo modelo. | 42 |
| Quadro 5 - Demonstrativo da composição da matriz C | 50 |
| Quadro 6 - Exemplo de listagem de um portfólio de Serviços | 55 |
| Quadro 7 - Qualificações para realizar o curso de NR10 básico. | 57 |
| Quadro 8 - Exemplo de serviços estruturados segundo o sistema de classificação proposto. | 59 |
| Quadro 9 - Exemplo de histórico de demanda..... | 60 |
| Quadro 10 - Exemplo de histórico de demanda estruturada..... | 60 |
| Quadro 11 - Banco de dados profissional x proficiência..... | 62 |
| Quadro 12 - Exemplo de relatório de histórico de horas aplicadas por recurso | 64 |
| Quadro 13 - Exemplo sobre a definição dos tempos operacionais para o planejamento da oferta de serviços | 66 |
| Quadro 14 - Exemplo de divisão da matriz P em 2 grupos heterogêneos..... | 68 |
| Quadro 15 - Exemplo: segmentação do problema em grupos heterogêneos | 68 |
| Quadro 16 - Amostra com 14 dos 273 cursos do portfólio | 80 |
| Quadro 17 - Amostra do portfólio estruturado segundo o sistema de classificação proposto | 83 |
| Quadro 18 - Amostra da demanda atendida no ano de 2018 contendo 18 dentre as 2015 turmas realizadas | 85 |
| Quadro 19 - Amostra estruturada: histórico de demanda com 18 das 2015 turmas realizadas no ano de 2018 | 86 |
| Quadro 20 - Amostra do banco de dados de proficiências por profissional | 90 |
| Quadro 21 - Obtenção da matriz P (recursos x proficiências) | 91 |
| Quadro 22 - Definição dos parâmetros de horas profissionais planejadas..... | 92 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|-----|
| Tabela 1 - Demonstrativo da composição da matriz S..... | 51 |
| Tabela 2 - Exemplo de Portfólio de Serviços com discriminação dos profissionais envolvidos e cargas horárias respectivas. | 56 |
| Tabela 3 - Demanda mensal em horas x proficiência. | 61 |
| Tabela 4 - Exemplo de formatação da matriz demanda (D) | 61 |
| Tabela 5 - Matriz recursos x proficiências..... | 63 |
| Tabela 6 - Exemplo de consolidação da média de horas aplicadas por cargo e componente de tempo..... | 65 |
| Tabela 7 - Exemplo de consolidação da média de horas aplicadas por todo o quadro profissional | 65 |
| Tabela 8 - Quantidade de cursos cadastrados no portfólio da empresa. | 80 |
| Tabela 9 - Amostra do portfólio de treinamentos em NRs com o detalhamento dos profissionais de ST envolvidos e respectivas cargas horárias. | 81 |
| Tabela 10 - Quantidade de proficiências requeridas para o portfólio em ambas abordagens. | 82 |
| Tabela 11 - Quantidade de turmas realizadas em 2018 e suas características. | 84 |
| Tabela 12 - Quantidade de cursos distintos realizados no ano de 2018. | 84 |
| Tabela 13 - Demanda mensal em horas X proficiência: amostra com 2 proficiências por região no período de janeiro a novembro de 2018..... | 88 |
| Tabela 14 - Amostra da matriz demanda (D) com os valores mensais médios em horas por região x proficiência. | 89 |
| Tabela 15 - Resultado do processo de racionalização das variáveis do problema. | 93 |
| Tabela 16 - Matriz S inicial, resultante da aplicação do método..... | 94 |
| Tabela 17 - Matriz \bar{B} resultante da primeira simulação: método do Menor potencial de atendimento. | 95 |
| Tabela 18 - Matriz A resultante da primeira simulação: método do menor potencial de atendimento..... | 96 |
| Tabela 19 - Matriz \bar{B} resultante da segunda simulação: método do maior potencial de atendimento pleno. | 97 |
| Tabela 20 - Matriz A resultante da segunda simulação: método do maior potencial de atendimento pleno | 98 |
| Tabela 21 - Matriz \bar{B} resultante da terceira simulação: método do Menor potencial de atendimento pleno | 99 |
| Tabela 22 - Matriz A resultante da terceira simulação: método do menor potencial de atendimento pleno | 100 |
| Tabela 23 - Comparativo de resultados entre os cenários original e os obtidos pelas três simulações..... | 101 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|--------|--|
| ASO | Atestado de Saúde Ocupacional |
| BR | Brasil |
| GAP | Generalized Assignment Problem |
| NR | Norma Regulamentadora |
| OC | Otimização Combinatória |
| OD | Otimização Discreta |
| OIT | Organização Internacional do Trabalho |
| PO | Pesquisa operacional |
| PAR | Potencial de atendimento do recurso |
| PAP | <i>Personnel Assignment Problem</i> |
| SCP | Sistema de Classificação de Proficiências |
| SEESMT | Serviços Especializados em Engenharia de Segurança e em Medicina do Trabalho |
| SST | Segurança e Saúde no Trabalho |

SUMÁRIO

| | | |
|--------------|--|----|
| 1 | INTRODUÇÃO | 15 |
| 1.1 | COMENTÁRIOS INICIAIS | 15 |
| 1.2 | TEMA E OBJETIVOS | 16 |
| 1.3 | JUSTIFICATIVA | 17 |
| 1.4 | MÉTODO | 18 |
| 1.4.1 | Método de Pesquisa | 18 |
| 1.4.2 | Método de Trabalho | 19 |
| 1.5 | DELIMITAÇÕES DO TRABALHO | 20 |
| 1.6 | ESTRUTURA DO TRABALHO | 21 |
| | | |
| 2 | REFERENCIAL TEÓRICO | 23 |
| 2.1 | PROBLEMA DA ALOCAÇÃO GENERALIZADA | 23 |
| 2.1.1 | Formulação matemática do Generalized Assignment Problem | 24 |
| 2.1.2 | Contribuições da literatura sobre o <i>Generalized Assignment Problem</i> | 25 |
| 2.1.3 | <i>Personnel Assignment Problem</i> | 29 |
| 2.1.4 | <i>Multilevel Generalized Assignment Problem e Multi-dimensional Assignment Problem</i> | 29 |
| 2.2 | SERVIÇOS EM SEGURANÇA E SAÚDE NO TRABALHO | 30 |
| 2.2.1 | Normas Regulamentadoras | 30 |
| 2.2.2 | Treinamentos em normas regulamentadoras | 35 |
| 2.2.2.1 | Qualificações do instrutor | 35 |
| 2.2.2.2 | Conteúdo programático, carga horária, período de reciclagem e quantitativo de alunos por turma. | 36 |
| 2.3 | PROCESSO DE CONSTRUÇÃO DO MODELO DE SOLUÇÃO..... | 37 |
| | | |
| 3 | MÉTODO | 39 |
| | | |
| 4 | PROPOSIÇÃO DO MODELO DE ALOCAÇÃO BASEADO EM COMPETÊNCIAS | 43 |
| 4.1 | ETAPA 1: DEFINIR PROBLEMA (ESCOPO E OBJETIVOS)..... | 43 |
| 4.2 | ETAPA 2: REALIZAR A FORMULAÇÃO MATEMÁTICA DO PROBLEMA | |

| | | |
|----------|---|---------|
|  | ..... | 43 |
| 4.3 | ETAPA 3: REALIZAR MAPEAMENTO ESTRUTURADO DO PORTFÓLIO |55 |
|  | ..... | 55 |
| 4.3.1 | Subetapa 3.1: Relacionar portfólio |55 |
| 4.3.2 | Subetapa 3.2: Determinar parâmetros que diferenciam os elementos do portfólio entre si |56 |
| 4.3.3 | Subetapa 3.3: Caracterizar sistema de classificação de proficiências |57 |
|  | ..... | 57 |
| 4.3.4 | Subetapa 3.4: Aplicar ao portfólio o sistema de classificação de proficiências |58 |
| 4.4 | ETAPA 4: REALIZAR MAPEAMENTO DO HISTÓRICO DE DEMANDA E ESTRUTURAR A MATRIZ DEMANDA |59 |
| 4.4.1 | Subetapa 4.1: Relacionar histórico de demanda |60 |
| 4.4.2 | Subetapa 4.2: Aplicar ao histórico de demanda o sistema de classificação de proficiências |60 |
| 4.4.3 | Subetapa 4.3: Estratificar histórico de demanda por proficiência e formatar a matriz demanda |61 |
| 4.5 | ETAPA 5: REALIZAR LEVANTAMENTO DE PROFISSIONAIS VERSUS PROFICIÊNCIA: ESTRUTURAR MATRIZ PROFICIÊNCIA P |62 |
| 4.6 | ETAPA 6: REALIZAR LEVANTAMENTO DO HISTÓRICO DE HORAS APLICADAS E OBTER PARÂMETRO HS_{LIQ} |63 |
| 4.7 | ETAPA 7: APLICAR MÉTODO PROPOSTO |66 |
| 4.7.1 | Subetapa 7.1: Racionalizar conjuntos I, J, K |66 |
| 4.7.2 | Subetapa 7.2: Segmentar modelo geral por meio da identificação de grupos heterogêneos PZ |67 |
| 4.7.3 | Subetapa 7.3: Aplicar heurística |69 |
| 4.7.3.1 | Método de alocação por <i>Maior Potencial de Atendimento</i> (MPA) |70 |
| 4.7.3.2 | Método de alocação por <i>Menor Potencial de Atendimento</i> (mPA) |71 |
| 4.8 | ETAPA 8: AVALIAR RESULTADOS |72 |
| 5 | ESTUDO APLICADO |73 |
| 5.1 | ETAPA 1: DEFINIR PROBLEMA (ESCOPO E OBJETIVOS) |73 |
| 5.2 | ETAPA 2 – REALIZAR FORMULAÇÃO MATEMÁTICA DO PROBLEMA |78 |
|  | ..... | 78 |

| | | |
|----------|--|-----|
| 5.3 | ETAPA 3 – REALIZAR MAPEAMENTO ESTRUTURADO DO PORTFÓLIO | 79 |
| 5.3.1 | Subetapa 3.1: Relacionar portfólio | 79 |
| 5.3.2 | Subetapa 3.2: Determinar parâmetros que diferenciam os elementos do portfólio entre si | 81 |
| 5.3.3 | Subetapa 3.3: Caracterizar sistema de classificação de proficiências | 82 |
| 5.3.4 | Subetapa 3.4: Aplicar ao portfólio o sistema de classificação de proficiências | 82 |
| 5.4 | ETAPA 4: REALIZAR MAPEAMENTO DO HISTÓRICO DE DEMANDA E ESTRUTURAR A MATRIZ DEMANDA | 83 |
| 5.4.1 | Subetapa 4.1: Relacionar histórico de demanda | 84 |
| 5.4.2 | Subetapa 4.2: Aplicar ao histórico de demanda o sistema de classificação de proficiências | 85 |
| 5.4.3 | Subetapa 4.3: Estratificar histórico de demanda por proficiência e formatar matriz demanda | 87 |
| 5.5 | ETAPA 5: REALIZAR LEVANTAMENTO DE PROFISSIONAIS VERSUS PROFICIÊNCIA E ESTRUTURAR MATRIZ PROFICIÊNCIA P | 90 |
| 5.6 | ETAPA 6: REALIZAR LEVANTAMENTO DO HISTÓRICO DE HORAS APLICADAS E OBTER PARÂMETRO HSLIQ | 91 |
| 5.7 | ETAPA 7: APLICAR MÉTODO PROPOSTO | 92 |
| 5.8 | ETAPA 8: AVALIAR RESULTADOS | 101 |
| 5.8.1 | Avaliação dos cenários obtidos: | 102 |
| 5.8.2 | Avaliação do método heurístico proposto: | 103 |
| 6 | CONSIDERAÇÕES FINAIS | 106 |
| 6.1 | CONCLUSOES | 106 |
| 6.2 | SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS | 108 |
| | REFERÊNCIAS | 109 |

1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo são apresentadas as considerações iniciais do trabalho: uma breve introdução ao tema, bem como os objetivos geral e específicos. Também serão apresentados a justificativa do trabalho e suas delimitações, a metodologia utilizada e a estrutura na qual os assuntos serão abordados.

1.1 COMENTÁRIOS INICIAIS

A competitividade de mercado pressiona as organizações a desenvolver modelos de gestão de operações com desempenho superior. Estimula-se assim a adoção por estratégias que possibilitem otimizar os meios de produção, estabelecendo controle e a redução de desperdícios. Neste ambiente, o balanceamento de operações consiste de métodos para buscar o equilíbrio entre a demanda e a utilização de recursos como a mão-de-obra, ferramentas e equipamentos.

A literatura apresenta ampla contribuição e variedade de estudos acerca de estratégias de otimização operacional envolvendo os recursos de produção, principalmente orientados ao setor de produção de bens. Estudos e publicações sobre o tema e direcionados ao setor de produção de serviços, usualmente abordam o conceito do problema da alocação de pessoas (*personnel assignment problem* – PAP). Isso deve-se ao fato de que nesse setor as principais variáveis de decisão costumam recair sobre a otimização da alocação de equipes em trabalhos específicos. Ainda assim, Niknafs et al. (2013) citam que embora de interesse para indústria, a pesquisa sobre o PAP não tem recebido atenção se comparada a outros campos de pesquisa. Seu estudo tem sido mais voltado para aplicações militares.

O chamado problema da alocação generalizada (*generalized assignment problem* – GAP), é um popular problema de otimização combinatória, estudado em pesquisa operacional (ONCAN, 2007). Inicialmente introduzido por Ross e Soland (1975), compreende determinar a melhor alocação de um grupo de tarefas para um grupo de agentes capacitados ou qualificados (Osman, 1995). Alguns autores consideram o GAP um problema do tipo NP-Hard (SAHNI E GONZALEZ, 1976) ou mesmo encontrar uma solução possível como um problema do tipo NP-Completo (FISHER E JAIKUMAR, 1981). Assim, o emprego de métodos exatos é impraticável

para a maioria dos problemas reais. Como resultado há abordagens heurísticas e meta-heurísticas para encontrar a solução aproximada do GAP (FISHER E JAIKUMAR, 1981; OSMAN, 1995; YAGIURA E IBARAKI, 2004, YAGIURA E IBARAKI, 2007; ONCAN, 2007).

O mercado de serviços contém segmentos tais como o de segurança e saúde no trabalho, cuja prestação de serviços caracteriza-se pela sua complexidade, alta dependência normativa e uma variedade de implicações de ordem prática, tornando-se assim desafiador o dimensionamento de equipes de trabalho. Sendo essa uma justificativa de ordem prática para o desenvolvimento deste trabalho, esta dissertação propõe um método heurístico para alocação de equipes baseada em competências para a prestação de serviços em segurança e saúde no trabalho.

1.2 TEMA E OBJETIVOS

O tema central desse trabalho é o planejamento da mão-de-obra direta para a prestação de serviços, sob o enfoque da necessidade de balanceamento entre demandas regionais e a distribuição da oferta de profissionais com expertises específicas para o atendimento a essas demandas. Cabe acrescentar que a abordagem neste trabalho sobre o equilíbrio entre oferta e demanda, não descarta a hipótese de inferir através da análise dos dados sobre a necessidade por novas contratações de profissionais para o atendimento à demanda, mas principalmente encontrar o cenário ideal de alocação da mão de obra atual, a fim de otimizar a prestação de serviços. O segmento de prestação de serviços analisado neste trabalho, é o de segurança e saúde no trabalho, mais especificamente voltado aos Treinamentos em Normas Regulamentadoras. Os treinamentos em NRs consistem em uma série de cursos de formação teórico-práticos sobre atividades laborais específicas, exercidas em condições de segurança.

Com base no tema apresentado, o objetivo principal desta dissertação é propor um método heurístico para a alocação de equipes, baseada em competências para prestação de serviços em segurança e saúde no trabalho. O método proposto aplica conceitos estudados em pesquisa operacional, tais como o problema de alocação generalizada, cujo objetivo é alocar recursos (máquinas ou trabalhadores) a trabalhos ou tarefas específicas (ROSS E SOLAND, 1975; SAHNI E GONZALEZ, 1976; ROSS E ZOLTNER, 1979; FISHER E JAIKUMAR, 1981; OSMAN, 1995; YAGIURA E

IBARAKI, 2004, YAGIURA E IBARAKI, 2007; ONCAN, 2007). A otimização do desempenho das equipes de trabalho permitirá a redução de custos e o aumento de receitas, resultando em aumento da sustentabilidade do negócio.

Para atingir o objetivo geral deste trabalho, estabelecem-se a seguir os seguintes objetivos específicos:

- a) reunir as principais contribuições da literatura acerca do problema da alocação generalizada voltado a equipes de trabalho em serviços;
- b) estabelecer o modelo matemático aplicável ao problema da alocação em serviços de SST;
- c) consolidar os pré-requisitos técnicos contidos em orientações normativas que subsidiam o sistema de classificação de competências;
- d) estabelecer o método heurístico para a solução do problema de alocação;
- e) aplicar o método proposto, avaliando os resultados e suas contribuições.

1.3 JUSTIFICATIVA

A sustentabilidade das organizações advém da busca pela melhoria do desempenho, através de ações estruturadas sobre o planejamento de recursos, buscando o equilíbrio entre a oferta e demanda. A subalocação de horas profissionais em prestações de serviços constitui uma realidade muito frequente, não apenas em empresas iniciantes, mas também em empresas consolidadas. Como resultado incorre-se em menor produtividade, atrasos em atendimentos, com conseqüente perda de faturamento, desgaste da imagem da empresa e do relacionamento com o cliente.

Quanto ao objetivo principal desta dissertação, que é o de propor um método de otimização para a alocação de equipes baseada em competências para prestação de serviços em segurança e saúde no trabalho, sugere-se contribuições tanto para o meio profissional quanto o acadêmico. No que diz respeito ao contexto acadêmico, a maioria das contribuições percebidas na literatura são direcionadas ao setor de produção de bens, sendo em menor número os trabalhos abordando o tema específico para a produção de serviços, em especial sobre serviços de natureza voltada para segurança e saúde do trabalho, para a qual não foi encontrado publicação semelhante.

A justificativa para a realização deste trabalho do ponto de vista profissional,

está em evidenciar tanto um problema comum, quanto uma abordagem para a sua solução, que podem ser percebidos inclusive em outros segmentos de prestação de serviços (além do de SST), tais como o ensino de nível técnico e superior e o de consultorias especializadas tais como o de licenciamento ambiental. Adicionalmente o método proposto é aplicado em uma renomada empresa do segmento de SST, contribuindo para a sua estratégia de operações.

1.4 MÉTODO

Nesta seção serão apresentados o método de pesquisa e o método de trabalho, tendo em vista os objetivos apresentados na seção anterior.

1.4.1 Método de Pesquisa

A concepção deste trabalho permite classificá-lo segundo sua natureza como uma pesquisa aplicada, pois gera conhecimentos para aplicação prática e imediata, dirigidos à solução de problemas específicos (GIL, 2010): otimizar a estrutura operacional de prestação de serviços em Treinamentos em Normas Regulamentadoras para à indústria do Rio Grande do Sul. Segundo a forma de abordagem, classifica-se como pesquisa quantitativa, visto que o vasto conteúdo textual normativo das NRs, bem como opiniões técnicas e outras informações, serão traduzidas numericamente (SILVA; MENEZES, 2005). Para os conceitos até então subjetivos, como por exemplo, proficiência e capacitação técnica, serão atribuídas variáveis quantitativas. Essas ações serão conduzidas por meio de um levantamento acerca do histórico numérico do comportamento da demanda pela prestação de serviços, bem como da alocação das horas dos profissionais envolvidos. Tendo visto que a condução desta dissertação tem por objetivo construir maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito e mesmo construir hipóteses, quanto aos seus objetivos, classifica-se como pesquisa exploratória (GIL, 2010).

Quanto aos procedimentos técnicos adotados nesse trabalho, este se classifica como uma pesquisa aplicada, com suporte documental (GIL, 2010; SILVA, E.L.D.; MENEZES, E.M. 2005). Classifica-se como pesquisa aplicada pois avalia com profundidade informações numerosas e detalhadas do objeto de estudo além de sua verificação “in loco” pelo pesquisador (GIL, 2010), empregando o método clássico de

pesquisa operacional (TAHA, 2017). Também se trata de uma pesquisa documental (GIL, 2010) pois, além da pesquisa por publicações relacionadas ao tema amplo de pesquisa e uma revisão sobre as Normas Regulamentadoras (BRASIL, Portaria N.º 3.214/78), também é necessária a análise sobre documentos técnicos gerados pela instituição, tal como se evidencia no capítulo 4.

1.4.2 Método de Trabalho

Esta dissertação foi desenvolvida em cinco etapas. Na primeira etapa é conduzida uma revisão da literatura sobre abordagens dedicadas ao problema da alocação generalizada, assim como o referencial teórico acerca dos serviços de segurança e saúde do trabalho, em especial as orientações contidas nas normas regulamentadoras. Por fim revisa-se o conjunto de etapas empregadas em estudos sobre Pesquisa Operacional.

Na segunda etapa, com base no referencial teórico desenvolve-se o método adotado neste trabalho. Uma avaliação comparativa entre os métodos adotados por autores da área de PO contribui para a identificação das etapas que irão constituir o modelo proposto para a solução do problema de alocação baseado em competências.

A terceira etapa constitui a concepção do modelo de solução para o problema de alocação com base nas especificidades técnicas do setor de serviços em segurança e saúde do trabalho. Desenvolve-se a formulação matemática do problema, por meio da qual são definidas as variáveis envolvidas em sua solução. Por conseguinte, descreve-se como são levantados os dados e estruturadas as informações que subsidiam o emprego da formulação matemática. O método heurístico é estruturado, bem como um sistema de indicadores é proposto para a avaliação dos resultados.

A quarta etapa é responsável pela fase inicial do estudo aplicado: compreende uma análise imersiva nas operações de uma empresa prestadora de serviços em segurança e saúde do trabalho. Procura a familiarização com o seu portfólio e os processos de negócio envolvidos na prestação de serviços. Também busca a compreensão de elementos práticos que influenciam o problema de otimização, bem como a definição dos questionamentos que se espera responder com a aplicação do método.

Com o método estruturado e o ambiente organizacional conhecido, por meio

das etapas anteriores, a quinta etapa consiste na preparação, coleta e o tratamento do banco de dados que subsidia as informações empregadas pelo método. Obtém-se um mapeamento estruturado da oferta e demanda por serviços de treinamentos em NRs.

Na sexta etapa o método proposto é efetivamente aplicado e os resultados analisados. Por fim responde-se aos questionamentos realizados ao final da quarta etapa.

1.5 DELIMITAÇÕES DO TRABALHO

O cenário de aplicação do estudo restringe-se a uma empresa prestadora de serviços em segurança e saúde do trabalho. A aplicação do método delimita-se a família de serviços denominada de treinamentos em normas regulamentadoras. Essa delimitação de escopo se deve tanto à relevância estratégica da família de serviços quanto a um conjunto de fatores técnicos que possibilitam sua adesão e compatibilidade à operacionalização do modelo proposto.

Considerando-se potenciais contribuições práticas para o desenvolvimento desse trabalho, a família de serviços selecionada é a mais representativas em termos de resultados e sustentabilidade para o negócio. Além disso, a família de serviços de treinamentos em NRs é a que possui a maior variedade de competências distintas exigidas para a sua realização, de modo que representa 95% do índice de chamados para atendimentos por mobilidade, isso é, profissionais com competências específicas sendo convocados para atendimentos situados em outras regiões que não a sua de origem. Essa característica representa um dos principais aspectos associados com a proposta desse trabalho. Outro aspecto de grande relevância para a operacionalização do método, é que a cada serviço de treinamento em NRs é necessariamente definida e associada uma carga horária efetiva (duração). Aos demais serviços do portfólio, correspondem uma maior variabilidade nos tempos operacionais. Essa variabilidade é função simultaneamente de prerrogativas técnicas de cada serviço, assim como a dependência a uma série de características particulares de cada empresa atendida. Como o modelo matemático empregado nesse estudo quantifica a oferta e a demanda em horas de prestação de serviço, seu desenvolvimento e aplicação para outras famílias de serviços ampliaria

consideravelmente a complexidade e o tempo exigidos para a realização deste trabalho.

Quanto ao modelo proposto, esse trabalho possui por ênfase estabelecer e associar a cada serviço um padrão de competências capaz de viabilizar a estruturação e a aplicação do modelo matemático, de modo que a quantificação da demanda delimitou-se ao levantamento do comportamento médio mensal observado em um histórico anual recente. Já para a oferta em horas de serviço, considera-se uma carga horária efetiva estimada e padronizada (única) para todos os profissionais. O emprego adicional de métodos estatísticos para a avaliação da previsão de demanda e o comportamento dos tempos profissionais individuais poderiam contribuir ainda mais com a sofisticação do método, porém do mesmo modo a estratificação dos dados e seu adequado tratamento também elevariam consideravelmente o tempo para o desenvolvimento desse trabalho. Como na empresa analisada os treinamentos em NRs foram introduzidos mais recentemente no portfólio (cerca de dois anos), considerou-se apenas o último ano para a obtenção dos dados devido à maior presença de comportamentos atípicos percebidos no histórico do primeiro ano (normais à introdução de novos serviços), que poderiam promover distorções significativas na projeção da demanda futura.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho está estruturado em seis capítulos. O primeiro capítulo introduz o tema abordado e sua contextualização: onde se insere o problema da alocação de equipes de trabalho. Também são apresentados nesse capítulo os objetivos, geral e específicos, que nortearam o trabalho desenvolvido, assim como a justificativa para a realização do mesmo. Por fim são apresentados o método de pesquisa e as delimitações do trabalho.

O segundo capítulo aborda o referencial teórico no qual o trabalho está apoiado. Para melhor organização e compreensão, esse capítulo foi subdividido em três seções: *(i)* Problema da Alocação Generalizada, *(ii)* Serviços em Segurança e Saúde no Trabalho e *(iii)* Processo de Construção do Modelo de Solução.

O terceiro capítulo descreve o método adotado neste trabalho, embasado na avaliação das contribuições levantadas no referencial teórico. Uma avaliação comparativa entre as abordagens adotadas por autores de referência na área de

pesquisa operacional, contribui para a identificação das etapas que irão constituir o modelo proposto para a solução do problema de alocação baseado em competências.

O quarto capítulo apresenta a proposição do modelo de alocação baseado em competências. Inicialmente realiza-se a familiarização com o problema e sua modelagem matemática, de modo a estabelecer os principais conceitos associados. Em seguida descreve-se como são levantados os dados e estruturadas as informações que subsidiam o modelo. Por fim descreve-se a operacionalização do método heurístico e indicadores para avaliação dos resultados obtidos.

No quinto capítulo, para a validação do modelo proposto no capítulo anterior, realiza-se um estudo aplicado com o intuito de evidenciar sua utilidade e eficiência. As etapas metodológicas são reproduzidas sobre um problema de alocação em uma empresa prestadora de serviços de segurança e saúde no trabalho. Em seguida os resultados são avaliados e comentados.

Por fim, o sexto capítulo apresenta as conclusões obtidas a partir do trabalho desenvolvido, retomando-se as limitações da pesquisa. Nesse capítulo, também são propostas sugestões para trabalhos futuros que possam dar continuidade e novas contribuições para o trabalho.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Esta revisão da literatura está dividida em duas seções: (i) Problema da Alocação Generalizada e (ii) Serviços em Segurança e Saúde no Trabalho. A primeira seção apresenta o conceito do problema de alocação e uma revisão das diferentes abordagens encontradas na literatura. Já a segunda seção contextualiza o ambiente de Serviços de Segurança e Saúde no Trabalho, com ênfase nos aspectos práticos relativos ao serviço de capacitações em normas regulamentadoras. Com esta abordagem pretende-se facilitar o entendimento do tema.

2.1 PROBLEMA DA ALOCAÇÃO GENERALIZADA

O problema da alocação (ou da designação) generalizada (*generalized assignment problem* – GAP), foi inicialmente introduzido por Ross e Soland (1975). Segundo Oncan (2007), o GAP é um popular problema de otimização combinatória e corresponde a alocação ótima de n tarefas para m agentes capacitados (ou qualificados). Para Osman (1995), o GAP envolve encontrar o mínimo custo de alocação de um grupo de tarefas para um grupo de agentes. Cada tarefa deve ser alocada a exatamente um agente. O total requerido do recurso de um agente (i.e., tempo, por exemplo), não pode exceder sua capacidade disponível. Na literatura sobre o GAP, devido à ampla variedade de aplicações sobre as quais ele se destina, o termo agente é comumente utilizado para representar, de forma genérica, a entidade ou recurso que será alocado para resolução das tarefas (ou trabalhos). Dessa forma o agente pode estar relacionado a uma pessoa, uma máquina, um equipamento, etc. Estudos sobre o GAP são de grande importância, tanto no meio acadêmico quanto em aplicações práticas em ambientes governamentais e às atividades econômicas da produção de bens e serviços (Osman, 1995).

2.1.1 Formulação matemática do *Generalized Assignment Problem*

Seja i um grupo de agentes que deverá ser alocado para realizar um conjunto de tarefas j . Assim:

$I = \{1, 2, 3, \dots, i, \dots, m\}$ é o conjunto de m agentes (ou recursos qualificados);

$J = \{1, 2, 3, \dots, j, \dots, n\}$ é o conjunto de n tarefas (ou trabalhos);

A matriz genérica A (abaixo), relaciona os agentes (linhas) que deverão ser alocados para realizar as tarefas (colunas):

$$A = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & x_{13} & \dots & x_{1j} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & x_{23} & \dots & x_{2j} & \dots & x_{2n} \\ x_{31} & x_{32} & x_{33} & \dots & x_{3j} & \dots & x_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{i1} & x_{i2} & x_{i3} & \dots & x_{ij} & \dots & x_{in} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & x_{m3} & \dots & x_{mj} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

Se um determinado agente i é alocado para realizar uma tarefa j , essa informação constitui uma variável de decisão representada como x_{ij} . Para cada possível alocação de um agente (i) para a realização de uma tarefa (j), i.e., para cada x_{ij} , corresponde um custo de alocação (c_{ij}), assim como a quantidade requerida de consumo da capacidade disponível do agente (a_{ij}). Assim o problema da alocação generalizada é formulado da seguinte maneira:

$$\text{Min} \quad \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \quad (2)$$

S.A.

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_{ij} \leq b_i, \quad i = 1, \dots, m \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = 1, \quad j = 1, \dots, n \quad (4)$$

$$x_{ij} \in \{0, 1\} \quad \forall i, j \quad (5)$$

Onde:

- x_{ij} é a variável de decisão a qual assume o valor de 1 se o agente i realiza

a tarefa j e 0 se não a realiza.

- c_{ij} : é o custo da alocação da tarefa j para o agente i ;
- a_{ij} é a necessidade de utilização da capacidade disponível do agente i , para que este realize a tarefa j (exemplo: tempo disponível);
- b_i é a capacidade disponível do agente i (exemplo: em horas);

Dessa forma, a função objetivo (2) é minimizar o custo de alocação, sem exceder o total da capacidade de recurso (3) para cada agente, de modo que cada tarefa seja alocada (4) exatamente a um agente. Para isso, aplica-se a condição de integralidade (5) nas variáveis de decisão. Segundo Osman (1995), na literatura sobre o GAP, as restrições (3) e (4) são também conhecidas, respectivamente como: Restrição de Capacidade e Restrição de Semi-Alocação.

2.1.2 Contribuições da literatura sobre o *Generalized Assignment Problem*

O GAP é um problema estudado em Pesquisa Operacional. Segundo Niknafs et al (2013), os pesquisadores dessa área empregam um sistema de classificação refinado quanto a categorização dos problemas. Segundo o autor, em Pesquisa Operacional (PO) há uma categoria de problemas classificados como problemas de Otimização Discreta (OD). Dentre os problemas de interesse estudados em OD, há uma classe denominada de problemas de Otimização Combinatória (OC). O GAP por sua vez é um tipo de problema de OC. Oncan (2007) considera o GAP como um caso especial do problema da alocação ponderada (*weighted assignment problem - WAP*), tal como inicialmente proposto por Ross e Zoltners (1979). Segundo Oncan (2007), o WAP generaliza tanto as restrições como as variáveis do GAP. A principal característica do WAP é que este considera a alocação de agentes (i) para a realização de tarefas (j), segundo um nível de performance pré-determinado (k). Considerando as características e aplicações do WAP, o presente trabalho não pretende aprofundar sua base teórica.

Sahni e Gonzalez (1976) consideram o GAP como um problema do tipo NP-Hard. Fisher e Jaikumar (1981), por sua vez, sugerem que encontrar uma solução possível para o GAP é um problema do tipo NP-Completo. Dessa forma, o emprego de métodos exatos é impraticável para a maioria dos problemas reais, só sendo viável sua utilização para problemas de pequena escala. Como resultado há várias

abordagens heurísticas e meta-heurísticas para encontrar a solução aproximada do GAP (FISHER E JAIKUMAR, 1981; OSMAN, 1995; YAGIURA E IBARAKI, 2004, YAGIURA E IBARAKI, 2007; ONCAN, 2007).

Oncan (2007) realizou uma revisão da literatura sobre o GAP e suas aplicações. Com base na ampla diversidade de abordagens e aplicações, ele classificou os estudos sobre o GAP em 11 categorias com uma breve descrição e alguns exemplos de cada. Essas categorias envolvem variações e mesmo extensões do GAP original. Suas aplicações compreendem áreas como a de telecomunicações, localização de instalações, transportes, planejamento da produção, programação e sequenciamento, engenharia computacional, dentre outros. Ainda segundo o autor, a maioria dos problemas encontrados são considerados como do tipo NP-Completo. O quadro 1 apresenta a síntese sobre as diferentes abordagens encontradas na literatura e enumeradas por Oncan (2007).

Em seus estudos, Oncan (2007) também comenta que vários pesquisadores têm discutido as relações entre o GAP e outros problemas de otimização combinatória e com isso têm proposto formas de classificá-los. Ferland (1997) apud Oncan (2007) diz que a mesma estrutura básica de alocação é empregada em diversos problemas de otimização combinatória e que o GAP pode ser considerado como a generalização do problema da alocação – *assignment problem* – (Kuhn, 1955). Da mesma forma, o GAP tem sido considerado como uma generalização de:

- a) O problema de Pareamento (TOKTAS, 2006);
- b) O problema da Semi-alocação (HARVEY et al. 2006);
- c) O problema da programação de máquinas em paralelo (SHMOYS e TARDOS, 1993);

Quadro 1 - Síntese das principais abordagens sobre o GAP, segundo Oncan (2007).

| Nº | NOME | CONCEITO | EXEMPLO DE APLICAÇÕES | AUTORES DE REFERÊNCIA |
|----|---|--|--|---|
| 1 | Bottleneck GAP (BGAP) | Lida com a minimização da máxima penalização por alocação. | Setor público. Áreas urbanas n são alocadas para m escolas, hospitais ou corpo de bombeiros e a função objetivo é minimizar (pior caso) o máximo tempo de viagem ou tempo de resposta. | Mazzola e Neebe (1988, 1993); Martello e Toth (1995); |
| 2 | Nonlinear Capacity Constrained GAP (NCCGAP) | A restrição de capacidade do GAP clássico (linear) é substituída por uma função polinomial não linear. | Aplicações em que há interação do tipo não linear entre o conjunto de tarefas e o grupo de agentes. | Mazzola (1989) |
| 3 | Multilevel GAP (MGAP) | Lida com a determinação do mínimo custo de alocação de tarefas para níveis de eficiência variáveis. | Problemas de alocação em grande escala | Glover et al. (1979) Laguna et al. (1995) French e Wilson (2002) Caselli e Righini (2006) Hajri-Gabouj (2003) |
| 4 | Elastic GAP (EGAP) | Agentes são permitidos a violar sua capacidade restritiva por meio de um custo adicional | Planejamento e programação da Produção | Nauss (2004) |
| 5 | Dynamic GAP | Diferentemente do GAP clássico, a sequência na qual os agentes desenvolvem as tarefas são relevantes. A função objetivo é minimizar o estoque, a escassez e os custos de alocação. | Planejamento e programação da Produção | Kogan et al. (1997) |

Fonte: adaptado de Oncan (2007)

Quadro 1 - Síntese das principais abordagens sobre o GAP, segundo Oncan (2007). (Continuação)

| N | NOME | CONCEITO | EXEMPLO DE APLICAÇÕES | AUTORES DE REFERÊNCIA |
|----|--|--|--|---|
| 6 | Stochastic GAP | Dois tipos de <i>GAPs Estocásticas</i> são apresentados na literatura: No primeiro a capacidade dos agentes é modelada com variáveis aleatórias contínuas. No segundo, a presença ou ausência de tarefas são incertas e a necessidade do recurso para cada trabalho pode ser modelada por uma variável aleatória com distribuição de Bernoulli | Programação da produção envolvendo variáveis estocásticas. | Albareda-Sambola et al. (2006) |
| 7 | Multi-Resource GAP | Extensão do GAP onde há um número de diferentes potenciais recursos restringidos associados para cada agente. Demandas que variam com o tempo e a capacidade de alocação é dinâmica. | Problemas de transporte, roteamento e transbordo, projeto de armazéns e CDs. Projeto de redes de telecomunicações. Projeto de depósitos. | Mazzola e Wilcox 2001, Gavish e Pirkul 1991, Yagiura et al. 2004. |
| 8 | Generalized Multi-Assignment Problem | Generalização do GAP. Permite a alocação de uma tarefa a múltiplos agentes capacitados. | Lotes de Produção processados em paralelo (múltiplos recursos). Sistemas de distribuição de bases de dados onde cada arquivo pode ser armazenado em múltiplos sites, em função da confiabilidade e tempo de resposta. | Park et al. (1998) |
| 9 | Generalized Quadratic Assignment Problem | Lida com a alocação de um grupo de instalações a um grupo de locais, de forma que o custo de alocação e o custo de tráfego são minimizados e o peso total de todas as instalações alocadas no mesmo local não exceda sua capacidade. | Alocação de equipamentos em diferentes plantas industriais de forma que o custo total de transporte de peças entre as plantas é minimizado. Gerenciamento de estocagem de containers quando o problema da alocação é facilitar a movimentação e manuseio das cargas. | Li e Ma (2003), |
| 10 | GAP with Special Ordered Sets of Type II | Lida com a alocação de tarefas a períodos de tempo. | Transportes. Exemplo: Coleta e distribuição de cargas consolidadas quando é permitido fragmentar a carga total entre 2 localidades próximas, mas não é permitido realizar múltiplas cargas e descargas em uma mesma viagem. | De Farias et al. (2000) |
| 11 | Biobjective GAP | GAP Biobjetivo. Planejamento de operações multi objetivo. | Planejamento de áreas de serviços de emergência | Zhang e Ong (2007) |

Fonte: adaptado de Oncan (2007)

2.1.3 *Personnel Assignment Problem*

Segundo Holness *et al.* (2006), o *Personnel Assignment Problem* (PAP), ou problema de alocação de pessoas trata da alocação de tarefas pré-programadas a agentes qualificados. Possui uma vasta área de aplicação envolvendo áreas como a militar, industrial, serviços em aeroportos, hospitais e manutenção. O PAP tem sido estudada na área de pesquisa operacional, assim como na de ciência do gerenciamento, gestão de engenharia, recursos humanos e comportamento organizacional (HOLLNESS *et al.* 2006). Cada campo de pesquisa considera o problema de sua própria perspectiva.

Segundo Toroslu (2003), da perspectiva de pesquisa operacional, ciência da computação e matemática, encontrar soluções ótimas para um PAP, são problemas conhecidos como de otimização combinatória e um problema do tipo NP-completo. Oncan (2007) diz que o PAP é uma classe de problemas GAP. Em sua definição mais simples implica na alocação de tarefas pré-programadas a trabalhadores. Em geral, PAP consiste na alocação ótima de um grupo de pessoas a um grupo tarefas pré-programadas. Tal como o GAP, em muitas aplicações o PAP costuma ser categorizado como um problema de otimização discreta.

Niknafs *et al.* (2013) citam que embora de interesse para a indústria, a pesquisa em PAP não tem recebido grande atenção se comparada a outros campos de pesquisa. Seu estudo tem sido mais voltado para aplicações militares. Esses autores complementam dizendo que aparentemente *Machine Learning* e inteligência artificial ainda possuem um bom potencial de contribuição para esse campo de pesquisa.

Sendo o PAP um caso particular do GAP, Niknafs *et al.* (2013), citam que dentre as onze variações e extensões sobre o GAP, elencadas por Oncan (2007) e sintetizadas no quadro 1, há duas cuja abordagem tem sido aplicada na resolução de problemas do tipo PAP. São elas: *multilevel generalized assignment problem* (MGAP) e o *multi-dimensional assignment problem* (MAP).

2.1.4 *Multilevel Generalized Assignment Problem e Multi-dimensional Assignment Problem*

Conforme já mencionado, o MGAP consiste em alocar n tarefas para m agentes com um máximo de l níveis de eficiência. Dessa forma, o PAPs modelados por MGAPs

sugerem que os agentes podem realizar tarefas com mais de um nível de eficiência (GLOVER *et al.*, 1979).

O MAP, é uma conhecida extensão do GAP (NIKNAFS *et al.*, 2013), também denominada como *s-AP*, sendo *s* a quantidade de dimensões no referido problema. A dimensão de um problema de alocação é o número de grupos de objetos que precisam ser combinados. Em muitos trabalhos, a terminologia utilizada é *3-AP*, pois o problema parte de 3 dimensões (KARAPETYAN; GUTIN, 2011). Dessa forma, Niknafs *et al.* (2013), inferem que o MGAP, possuindo 3 dimensões (agentes, tarefas e nível de performance), pode ser entendido como um *3-AP*, isto é, subgrupo do MAP (*s-AP*) com 3 dimensões.

2.2 SERVIÇOS EM SEGURANÇA E SAÚDE NO TRABALHO

Segundo levantamento realizado pela Organização Internacional do Trabalho (*International Labour Organization* - ILO) a cada minuto ocorrem 4 óbitos e mais de 600 acidentes de trabalho, incluindo lesões permanentes ou temporárias. A organização também cita que os custos com doenças e lesões advindas do ambiente de trabalho representam cerca de 4% do PIB e que essa relação é ainda maior em países em desenvolvimento como o Brasil. Ainda segundo a OIT, o Brasil é o quarto colocado mundial em ocorrências fatais, perdendo apenas para China, Estados Unidos e Rússia. É necessário complementar que frente a esses dados, estima-se que ainda há um número elevado de acidentes de trabalho não reportados e que há muitas despesas indiretas de difícil mensuração, decorrentes de acidentes e doenças do trabalho (ILO, 2003).

Os acidentes de trabalho além de comprometerem a vida dos trabalhadores também causam repercussão sobre a produtividade e a economia do país. Segundo dados da previdência social: todos os anos são registrados cerca de 700 mil acidentes laborais no Brasil e custaram mais de R\$ 26,2 bilhões à previdência social entre 2012 e 2017 (ANPT, 2018).

2.2.1 Normas Regulamentadoras

As Normas Regulamentadoras ou NRs (BRASIL, Portaria n.º 3.214/78), regulamentam e fornecem orientações sobre procedimentos obrigatórios relacionados

à segurança e saúde do trabalhador. São de observância obrigatória pelas empresas públicas e privadas e pelos órgãos públicos da administração direta e indireta, bem como pelos órgãos dos Poderes Legislativo e Judiciário, que possuam empregados regidos pela Consolidação das Leis do Trabalho (BRASIL, Decreto-Lei nº 5.452/43). São elaboradas e periodicamente revisadas (e se necessário, modificadas) por comissões tripartites específicas compostas por representantes do governo, empregadores e trabalhadores. Possui como um de seus principais objetivos, a padronização dos procedimentos de segurança e saúde do trabalho (BRASIL, Portaria n.º 3.214/78).

Atualmente existem 37 Normas Regulamentadoras. Todas podem ser consultadas gratuitamente por meio do website da Secretaria de Inspeção do Trabalho do Ministério da Economia. O quadro 2 apresenta um resumo sobre cada NR. As NRs contemplam orientações sobre Segurança e Saúde no Trabalho (SST), que permeiam desde os requisitos mínimos para a operação de uma organização, a execução de programas legais (tais como o PPRA, o PCMSO, etc.), a emissão de laudos de insalubridade e periculosidade, até a realização de treinamentos sobre a prática em segurança de atividades laborais, foco deste trabalho: os Treinamentos em NRs (BRASIL, Portaria N.º 3.214/78).

Quadro 2 - Relação das normas regulamentadoras

| NORMA REGULAMENTADORA | RESUMO DA NORMA |
|---|---|
| NR-1 - DISPOSIÇÕES GERAIS | Estabelece o campo de aplicação de todas as demais NRs. Direitos e obrigações do governo, dos empregadores, e dos empregados. Cita Competências e Responsabilidades. |
| NR-2 - INSPEÇÃO PRÉVIA | Obrigação da vistoria prévia na empresa antes do início das operações ou sempre que houver mudanças significativas no estabelecimento. Condições mínimas de segurança para funcionamento. |
| NR-3 - EMBARGO OU INTERDIÇÃO | Estabelece as situações em que poderão ocorrer a paralisação de serviços, máquinas e equipamentos, bem como a aplicação de medidas punitivas. |
| NR-4 - SERVIÇOS ESPECIALIZADOS EM ENGENHARIA DE SEGURANÇA E EM MEDICINA DO TRABALHO | Prescreve o dimensionamento de profissionais de que formam uma equipe multidisciplinar, os quais irão atuar na implantação de medidas de prevenção de acidentes do trabalho e doenças ocupacionais. O dimensionamento do SESMT é realizado de acordo com o grau de risco da empresa e o número de funcionários. |
| NR-5 - COMISSÃO INTERNA DE PREVENÇÃO DE ACIDENTES | Estabelece a obrigatoriedade de as empresas públicas e privadas manterem em funcionamento uma comissão cujo objetivo é trabalhar, preventivamente, para neutralizar ou eliminar riscos ambientais por meio da recomendação de medidas de segurança que visem melhorar as condições de trabalho. |
| NR-6 - EQUIPAMENTO DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL - EPI | Estabelece os tipos de EPIs a serem utilizados em função dos riscos e agentes existentes nos locais de trabalho, sejam eles físicos, químicos, biológicos ou mecânicos. As empresas são obrigadas a fornecer, gratuitamente, os EPIs, e compete ao SESMT a indicação do EPI adequado ao tipo de atividade. |
| NR-7 - PROGRAMA DE CONTROLE MÉDICO DE SAÚDE OCUPACIONAL | Estabelece a obrigatoriedade do PCMSO (Programa de Controle Médico e Saúde Ocupacional). Fica obrigatória a realização de exames médicos por conta do empregador: quando da admissão, periodicamente, na mudança de função, no retorno ao trabalho e na demissão do empregado. |
| NR-8 – EDIFICAÇÕES | Estabelece os requisitos técnicos mínimos que devem ser observados nas edificações, para garantir segurança e conforto aos que nelas trabalham. |
| NR-9 - PROGRAMA DE PREVENÇÃO DE RISCOS AMBIENTAIS | Estabelece a obrigatoriedade do Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA), por meio da antecipação, reconhecimento, avaliação e consequente controle da ocorrência de riscos ambientais existentes ou que venham a existir no ambiente de trabalho. |
| NR-10 - SEGURANÇA EM INSTALAÇÕES E SERVIÇOS EM ELETRICIDADE | Estabelece os requisitos e condições mínimas, objetivando a implementação de medidas de controle e sistemas preventivos, de forma a garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores que, direta ou indiretamente, interajam em instalações elétricas e serviços com eletricidade. |
| NR-11 - TRANSPORTE, MOVIMENTAÇÃO, ARMAZENAGEM E MANUSEIO DE MATERIAIS | Estabelece os requisitos de segurança para a operação de elevadores, guindastes, transportadores industriais e máquinas transportadoras, como também no transporte manual de cargas. |
| NR-12 - SEGURANÇA NO TRABALHO EM MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS | Estabelece as medidas de segurança a serem adotadas no que se refere à instalação, operação e manutenção de máquinas e equipamentos. |

Fonte: adaptado de Website ME (2019)

Quadro 2 - Relação das normas regulamentadoras (continuação)

| NORMA REGULAMENTADORA | RESUMO DA NORMA |
|--|---|
| NR-13 - CALDEIRAS, VASOS DE PRESSÃO E TUBULAÇÃO | Estabelece os requisitos necessários técnicos e legais a serem adotados na instalação, operação e manutenção de caldeiras, vasos de pressão e unidades de processo a fim de prevenir a ocorrência de acidentes de trabalho. |
| NR-14 – FORNOS | Estabelece os aspectos referentes à fabricação, operação e manutenção de fornos industriais. |
| NR-15 - ATIVIDADES E OPERAÇÕES INSALUBRES | Descreve as atividades, operações, agentes insalubres e os limites de tolerância, além de definir a caracterização das atividades consideradas insalubres e estabelecer os meios para proteção dos trabalhadores. |
| NR-16 - ATIVIDADES E OPERAÇÕES PERIGOSAS | Recomenda as ações prelecionistas às atividades consideradas perigosas. |
| NR-17 – ERGONOMIA | Estabelecer parâmetros que permitam a adaptação das condições de trabalho às características psicofisiológicas dos trabalhadores, de modo a proporcionar um máximo de conforto, segurança e desempenho eficiente. |
| NR-18 - CONDIÇÕES E MEIO AMBIENTE DE TRABALHO NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO | Estabelece diretrizes de ordem administrativa, de planejamento e de organização, que objetivam a implementação de medidas de controle e sistemas preventivos de segurança nos processos, nas condições e no meio ambiente de trabalho na indústria da construção. |
| NR-19 – EXPLOSIVOS | Estabelece os requisitos necessários para segurança em depósito, manuseio e transporte de explosivos. |
| NR-20 - SEGURANÇA E SAÚDE NO TRABALHO COM INFLAMÁVEIS E COMBUSTÍVEIS | Estabelece os requisitos necessários para segurança no armazenamento, manuseio e transporte de líquidos combustíveis e inflamáveis. |
| NR-21 - TRABALHOS A CÉU ABERTO | Descreve os meios para a prevenção de acidentes nas atividades desenvolvidas a céu aberto. |
| NR-22 - SEGURANÇA E SAÚDE OCUPACIONAL NA MINERAÇÃO | Tem por objetivo disciplinar os preceitos a serem observados na organização e no ambiente de trabalho, de forma a tornar compatível o planejamento e o desenvolvimento da atividade mineira com a busca permanente da segurança e da saúde dos trabalhadores. |
| NR-23 - PROTEÇÃO CONTRA INCÊNDIOS | Estabelece os meios de prevenção contra incêndio, visando garantir a integridade física de todos os trabalhadores e salvaguardar o patrimônio físico da empresa. |
| NR-24 - CONDIÇÕES SANITÁRIAS E DE CONFORTO NOS LOCAIS DE TRABALHO | Determina as condições de higiene e conforto a serem observadas nos locais de trabalho, com enfoque no que se refere a banheiros, vestiários, cozinhas, alojamentos e água potável. |

Fonte: adaptado de Website ME (2019)

Quadro 2 - Relação das normas regulamentadoras (continuação)

| NORMA REGULAMENTADORA | RESUMO DA NORMA |
|---|---|
| NR-25 - RESÍDUOS INDUSTRIAIS | Estabelece as medidas preventivas a serem observadas pelas empresas quanto à destinação dos resíduos gerados em seus processos de trabalho. |
| NR-26 - SINALIZAÇÃO DE SEGURANÇA | Tem por objetivo fixar as cores que devem ser usadas nos locais de trabalho para prevenção de acidentes, identificando os equipamentos de segurança, delimitando áreas, identificando as canalizações empregadas nas indústrias para a condução de líquidos e gases, e advertindo contra riscos. |
| NR-27 - REGISTRO PROFISSIONAL DO TÉCNICO DE SEGURANÇA DO TRABALHO (REVOGADA) | Dispõe sobre o registro profissional do Técnico de Segurança do Trabalho. Essa norma foi revogada e atualizada pela Portaria Nº 262 de 29/05/2008. |
| NR-28 - FISCALIZAÇÃO E PENALIDADES | Estabelece os procedimentos a serem adotados pela fiscalização do Ministério do Trabalho e Emprego, tanto na concessão de prazos para correção de problemas técnicos, como também para a aplicação de multas por infrações às Normas Regulamentadoras. |
| NR-29 - NORMA REGULAMENTADORA DE SEGURANÇA E SAÚDE NO TRABALHO PORTUÁRIO | Tem o objetivo de regular a proteção obrigatória contra acidentes e doenças profissionais, facilitar os primeiros socorros a acidentados e alcançar as melhores condições possíveis de segurança e saúde aos trabalhadores portuários. |
| NR-30 - SEGURANÇA E SAÚDE NO TRABALHO AQUAVIÁRIO | Tem por objetivo a proteção e a regulamentação das condições de segurança e saúde dos trabalhadores aquaviários. |
| NR-31 - SEGURANÇA E SAÚDE NO TRABALHO NA AGRICULTURA, PECUÁRIA SILVICULTURA, EXPLORAÇÃO FLORESTAL E AQUICULTURA | Tem por objetivo estabelecer os preceitos a serem observados na organização e no ambiente de trabalho, de forma a tornar compatível o planejamento e o desenvolvimento das atividades da agricultura, pecuária, silvicultura, exploração florestal e aquicultura com a segurança e a saúde, bem como com o meio ambiente de trabalho. |
| NR-32 - SEGURANÇA E SAÚDE NO TRABALHO EM SERVIÇOS DE SAÚDE | Estabelece as diretrizes básicas para a implementação de medidas de proteção à segurança e à saúde dos trabalhadores dos serviços de Saúde, bem como daqueles que exercem atividades de promoção e assistência à saúde em geral. |
| NR-33 - SEGURANÇA E SAÚDE NOS TRABALHOS EM ESPAÇOS CONFINADOS | Estabelece os requisitos mínimos para identificação de espaços confinados e reconhecimento, avaliação, monitoramento e controle dos riscos existentes, de forma a garantir permanentemente a segurança a saúde dos trabalhadores que interagem direta ou indiretamente nestes espaços. |
| NR-34 - CONDIÇÕES E MEIO AMBIENTE DE TRABALHO NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO, REPARAÇÃO E DESMONTE NAVAL | Estabelece os requisitos mínimos e as medidas de proteção à segurança, à saúde e ao meio ambiente de trabalho nas atividades da indústria de construção e reparação naval. |
| NR-35 - TRABALHO EM ALTURA | Estabelece os requisitos mínimos e as medidas de proteção para o trabalho em altura, envolvendo o planejamento, a organização e a execução, de forma a garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores envolvidos direta ou indiretamente com a atividade. |
| NR-36 - SEGURANÇA E SAÚDE NO TRABALHO EM EMPRESAS DE ABATE E PROCESSAMENTO DE CARNES E DERIVADOS | Busca a prevenção e a redução de acidentes de trabalho e doenças ocupacionais, com adequação e organização de postos de trabalho, adoção de pausas, gerenciamento de riscos, disponibilização de Equipamentos de Proteção Individual (EPI) adequados, rodízios de atividades, entre outras. |
| NR-37 - SEGURANÇA E SAÚDE EM PLATAFORMAS DE PETRÓLEO | Estabelece os requisitos mínimos de segurança, saúde e condições de vivência no trabalho a bordo de plataformas de petróleo em operação nas Águas Jurisdicionais Brasileiras - AJB. |

Fonte: adaptado de Website ME (2019)

2.2.2 Treinamentos em normas regulamentadoras

Os treinamentos em NRs consistem de uma série de cursos de formação teórico-práticos sobre atividades laborais específicas, exercidas em condições de segurança. O objetivo desses cursos é garantir a preservação da saúde e a integridade física dos trabalhadores (BRASIL, Portaria n.º 3.214/78). Além disso, as atividades realizadas de forma segura garantem a preservação dos recursos tecnológicos ligados às atividades do trabalhador. Assim, as boas práticas de operação em segurança, asseguram, além do bem-estar do trabalhador, o aumento da vida útil da infraestrutura tecnológica e conseqüentemente a economia da produção.

Tal como citado no item anterior, o conjunto de normas regulamentadoras prescreve uma série de pré-requisitos e condições técnicas que deverão ser observadas pelas empresas e seus prestadores de serviços. Quanto aos treinamentos em NRs, existem pré-requisitos tanto para os trabalhadores que receberão a capacitação, quanto para os instrutores que irão ministrá-los. Afim de atingir os objetivos desse trabalho, serão listados a seguir as principais características que influenciam a realização dos treinamentos.

2.2.2.1 Qualificações do instrutor

As qualificações do instrutor compreendem a formação profissional, bem como o conjunto de proficiências necessárias a realização do treinamento. As qualificações necessárias ao instrutor possuem um papel fundamental no desenvolvimento deste trabalho, conforme evidenciado no capítulo 3. Segundo a NR35 em seu item 35.3.6, “[...] o treinamento deve ser ministrado por instrutores com comprovada proficiência no assunto, sob a responsabilidade de profissional qualificado em segurança no trabalho” (BRASIL, 2012, p.2). Da mesma forma, segundo a NR33 em seu item 33.3.5.7, “[...] os instrutores designados pelo responsável técnico, devem possuir comprovada proficiência no assunto” (BRASIL, 2006, p. 5).

Conforme preconiza a NR04 sobre Serviços Especializados em Engenharia de Segurança e em Medicina do Trabalho (SEESMT), os profissionais de SST são os seguintes:

- Técnico de Segurança do Trabalho;

- Engenheiro de Segurança do Trabalho;
- Auxiliar de Enfermagem do Trabalho;
- Enfermeiro do Trabalho;
- Médico do Trabalho;

Proficiência, segundo a NR33, em seu glossário, é definida como: “[...] competência, aptidão, capacitação e habilidade aliadas à experiência” (BRASIL, 2006, p. 9). Quanto ao conceito denominado de *Professional Qualificado*, as normas NR10, NR12 e NR35 o definem como o trabalhador que comprove sua conclusão em curso específico e na sua área de atuação (em instituição reconhecida pelo sistema oficial de ensino), para exercer atividades compatíveis com o curso a ser ministrado (BRASIL, 1978j, p. 5; 1978l, p. 21; 2012, p. 2).

A publicação complementar *manual de auxílio a interpretação e aplicação da NR35 comentada*, acrescenta:

A comprovada proficiência no assunto não significa formação em curso específico, mas habilidades, experiência e conhecimentos capazes de ministrar os ensinamentos referentes aos tópicos abordados nos treinamentos, porém o treinamento deve estar sob a responsabilidade de profissional qualificado em segurança do trabalho (ENIT, 2018, p. 16).

2.2.2.2 Conteúdo programático, carga horária, período de reciclagem e quantitativo de alunos por turma.

Várias normas especificam de forma objetiva o conteúdo programático, a carga horária mínima do treinamento, o período máximo para reciclagem e a quantidade de alunos por turma. No entanto outras estabelecem critérios mais amplos sujeitos a interpretação e sua adaptação por profissionais de segurança do trabalho que irão ministrar os treinamentos. O curso de reciclagem é realizado em períodos variáveis (conforme a norma) após o curso de formação, e possui por objetivo atualizar e refamiliarizar os trabalhadores com os conceitos e práticas de análise e prevenção de riscos inerentes as suas atividades laborais.

2.3 PROCESSO DE CONSTRUÇÃO DO MODELO DE SOLUÇÃO

A solução de problemas estudados em pesquisa operacional é geralmente constituída de várias etapas (BAZARAA, 2010, p. 7). Winston (2004, p. 5) caracteriza esse conjunto de etapas como *os sete passos do processo de construção do modelo de solução*. Já autores como Taha (2017) e Bazaraa et. al (2010) em seus respectivos trabalhos estabelecem procedimentos contendo até cinco etapas. Os sete passos propostos por Winston (2004) são:

- I. Formular o problema;
- II. Observar o sistema;
- III. Formular o modelo matemático para o problema;
- IV. Verificar e utilizar o modelo para predição;
- V. Selecionar alternativa viável;
- VI. Apresentar resultados e a conclusão do estudo para a organização;
- VII. Implementar solução e avaliar recomendações;

Taha (2017, p. 40) disserta que as principais fases para a implementação prática da solução de um problema de PO incluem:

- I. Definição do Problema.
- II. Construção do Modelo
- III. Solução do Modelo
- IV. Validação do Modelo
- V. Implementação da solução

Bazaraa et. al (2010), descrevem o processo de construção do modelo de solução conforme as cinco etapas seguintes:

- I. Formulação do Problema.
- II. Construção de abstração (ou idealização) do problema por meio de um modelo matemático.
- III. Avaliar e selecionar a técnica apropriada para a solução.
- IV. Testar, analisar e se necessário reestruturar o modelo.
- V. Implementar solução

Verifica-se semelhanças quanto ao procedimento apresentado pelos diferentes autores, divergindo-se, no entanto, quanto a caracterização e o delineamento das etapas que o constituem. Winston (2004) concebe em seu modelo uma etapa

específica para a apresentação dos resultados aos tomadores de decisão. Já Taha (2017) e Bazaraa et. al (2010) não estabelecem uma etapa específica para esse fim, considerando a atividade como implícita ou agregada a outra(s) etapa(s) de seus respectivos modelos. Outros aspectos divergentes, como o feedback e consequentes ajustes sobre o modelo são por vezes tratados em fases distintas por cada autor. Contudo demonstra-se possível delimitar algumas definições comuns ao conjunto de autores, como será visto no próximo capítulo.

3 MÉTODO

A seção anterior demonstrou as abordagens de diferentes autores para a construção de modelos de solução para problemas estudados em pesquisa operacional. Uma análise comparativa entre as diferentes abordagens demonstra que embora existam etapas divergentes quanto a sua caracterização, é possível delimitar algumas definições comuns ao conjunto de autores. O quadro 3 demonstra comparativamente as etapas comuns aos problemas de PO relacionando-as com as etapas correspondentes ao modelo de cada autor.

Quadro 3 – Comparativo entre abordagens sobre as etapas envolvidas em problemas de PO

| ETAPAS GERAIS EM PROBLEMAS DE PO | ETAPA NO MODELO DO AUTOR | | |
|--|--------------------------|-----------------------|----------------|
| | Taha (2017) | Bazaraa et. al (2010) | Winston (2004) |
| ETAPA 01: FORMULAÇÃO DO PROBLEMA (DEFINIÇÃO DE ESCOPO E OBJETIVOS) | 1 | 1 | 1 |
| ETAPA 02: FORMULAÇÃO DO MODELO MATEMÁTICO DO PROBLEMA | 2 | 2 | 3 |
| ETAPA 03: COLETA DE DADOS E ESTIMATIVA DE VALORES DOS PARÂMETROS | entre 2 e 3 | 1 | 2 |
| ETAPA 04: AVALIAÇÃO E SELEÇÃO DE TÉCNICA APROPRIADA | 3 | 3 | 3 |
| ETAPA 05: TESTE E VALIDAÇÃO DO MODELO (ACURÁCIA) | 3 e 4 | 4 | 4 |
| ETAPA 06: SELEÇÃO DA MELHOR ALTERNATIVA E APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS AOS TOMADORES DE DECISÃO | entre 4 e 5 | entre 4 e 5 | 5,6 |
| ETAPA 07: IMPLEMENTAÇÃO DA SOLUÇÃO E AVALIAÇÃO DE RECOMENDAÇÕES | 5 | 5 | 7 |

Fonte: elaborado pelo autor (2019)

A primeira etapa compreende a definição do escopo e dos objetivos da organização onde será conduzido o estudo. Segundo Taha (2017), a definição correta

do problema é a fase mais importante e igualmente a mais difícil da aplicação do modelo e tem por objetivo identificar três elementos principais do problema de decisão: (i) a descrição das alternativas de decisão, (ii) a determinação do objetivo do estudo e da (iii) especificação das limitações sobre as quais o sistema modelado opera. Winston (2004) acrescenta que nessa etapa deve-se especificar as partes da organização que devem ser estudadas antes que o problema possa ser resolvido. Bazaraa et. al (2010) citam que nessa etapa deve-se realizar o estudo detalhado do sistema, identificando o problema específico que necessita ser analisado, bem como suas restrições e a função objetivo.

A segunda etapa envolve o desenvolvimento de um modelo matemático geral. Para Taha (2017) e Winston (2004), a construção do modelo implica em uma tentativa de converter a definição do problema em relações matemáticas. Bazaraa et. al (2010) citam que essa fase envolve a construção de uma abstração ou idealização do problema por meio de um modelo matemático e que deve ser tomado cuidado para assegurar que o modelo represente satisfatoriamente o sistema sendo analisado, enquanto mantém-se matematicamente tratável.

A fase seguinte, segundo Winston (2004), compreende a coleta de dados para estimar os valores dos parâmetros que afetam o problema da organização (Winston, 2004). Essas estimativas servem de base para na etapa seguinte desenvolver (subsidiar) e analisar o modelo matemático do problema da organização (Bazaraa et. al, 2010).

Estruturada a modelagem matemática geral e coletados os dados do problema, deve-se avaliar e selecionar a técnica apropriada para o modelo de solução (Bazaraa et. al, 2017). Segundo Taha (2017), se o modelo matemático resultante se adequar a um modelo matemático padrão, como por exemplo a programação linear, geralmente pode-se chegar a uma solução usando os algoritmos disponíveis. Como alternativa, se as relações matemáticas forem muito complexas para permitir a determinação de uma solução analítica, poder-se-á optar por simplificar o modelo e utilizar uma abordagem heurística (Taha, 2017). Bazaraa et. al (2010) concluem que uma ou mais soluções ótimas ou aproximadas (heurística) deverão ser determinadas e sua qualidade avaliada.

A quinta etapa consiste em obter soluções por meio do modelo e realizar testes com análise de sensibilidade. Segundo Taha (2017), a análise de sensibilidade lida com a obtenção de informações adicionais sobre o comportamento da solução ideal

quando o modelo é submetido algumas alterações em seus parâmetros. Por sua vez a validação do modelo consiste da verificação de se o modelo proposto prevê adequadamente o comportamento do sistema em estudo. Ainda segundo Taha (2017), um método comum para validar um modelo é comparar sua saída com dados de saída históricos: o modelo será válido se em condições de entrada semelhantes, duplicar razoavelmente o desempenho passado. Bazaraa et. al (2010) citam que o modelo deve permitir realizar previsões sobre vários tipos de cenários hipotéticos. Já Winston (2004) caracteriza essa etapa como necessária para avaliar se o modelo matemático desenvolvido confere uma representação acurada da realidade e conclui que mesmo que um modelo seja válido para a situação atual, deve-se atentar quanto a sua *aplicação indiscriminada*, i.é: sempre que o sistema real for sujeito a modificações, deve-se considerar sua revisão e promover alterações sobre o modelo.

Dado um modelo e um conjunto de alternativas, a seguir deve-se escolher a alternativa que melhor atende aos objetivos da organização e apresentar os resultados e recomendações ao(s) tomador(es) de decisão (Taha, 2017; Winston, 2004). Winston (2004) cita que em algumas situações, pode-se apresentar várias alternativas e permitir a organização escolher a que melhor atende às suas necessidades. Apresentados os resultados, a organização pode não aprovar as recomendações. Isso pode resultar da definição incorreta dos problemas da organização ou da falha em envolver o tomador de decisão desde o início do projeto (Winston 2004).

A etapa final compreende a implementação e a avaliação de recomendações. Taha (2017) cita que a fase de implementação do modelo válido envolve a transposição dos resultados em instruções operacionais compreensíveis a serem emitidas às pessoas que administrarão o sistema recomendado. Bazaraa et. al (2010) acrescentam que o objetivo principal de um modelo é auxiliar interativamente no processo de tomada de decisão: logo o modelo nunca deve substituir o tomador de decisão. Winston (2004) acrescenta que o sistema deverá ser constantemente monitorado (e atualizado dinamicamente se o ambiente sofrer alterações) para assegurar que as recomendações permitam a organização atingir seus objetivos. Bazaraa et. al (2010) concluem que um modelo deve ser tratado como uma entidade viva que precisa ser nutrida ao longo do tempo, ou seja, parâmetros, suposições e restrições do modelo devem ser revisados periodicamente afim de manter o modelo atualizado, relevante e válido.

O conjunto de etapas abordadas pelos autores descrevem um resumo sobre as atividades comuns inerentes ao processo adotado em estudos de PO. Devido a amplitude e a diversidade de problemas estudados em PO, aplicações reais demandam o refinamento ou detalhamento do conjunto de etapas de modo a constituir um modelo particular para o estudo específico. O próximo capítulo apresentará um modelo proposto para a solução do problema de alocação baseado em competências. O quadro 4 realiza uma comparação entre as etapas já citadas e as que compõe o modelo proposto. Entre as principais considerações acerca do modelo proposto, destaca-se que o período de desenvolvimento deste trabalho não abrangeu a etapa final de implementação do modelo por razão da extensão requerida pelo projeto.

Quadro 4 – Associação entre as etapas gerais e às propostas pelo modelo.

| ETAPAS GERAIS EMPREGADAS EM PROBLEMAS DE PO | ETAPAS PROPOSTAS PARA O MODELO DE ALOCAÇÃO BASEADO EM COMPETÊNCIAS |
|--|---|
| ETAPA 01: FORMULAÇÃO DO PROBLEMA (DEFINIÇÃO DE ESCOPO E OBJETIVOS) | ETAPA 01: DEFINIR PROBLEMA (ESCOPO E OBJETIVOS) |
| ETAPA 02: FORMULAÇÃO DO MODELO MATEMÁTICO DO PROBLEMA | ETAPA 2: REALIZAR A FORMULAÇÃO MATEMÁTICA DO PROBLEMA |
| ETAPA 03: COLETA DE DADOS E ESTIMATIVA DE VALORES DOS PARÂMETROS | ETAPA 3: REALIZAR MAPEAMENTO ESTRUTURADO DO PORTFÓLIO |
| | ETAPA 4: REALIZAR MAPEAMENTO DO HISTÓRICO DE DEMANDA E ESTRUTURAR A MATRIZ DEMANDA |
| | ETAPA 5: REALIZAR LEVANTAMENTO DE PROFISSIONAIS VERSUS PROFICIÊNCIA: ESTRUTURAR MATRIZ PROFICIÊNCIA P |
| | ETAPA 6: REALIZAR LEVANTAMENTO DO HISTÓRICO DE HORAS APLICADAS E OBTER PARÂMETRO HSLIQ |
| ETAPA 04: AVALIAÇÃO E SELEÇÃO DE TÉCNICA APROPRIADA | ETAPA 7: AVALIAÇÃO E SELEÇÃO DE TÉCNICA APROPRIADA |
| ETAPA 05: TESTE E VALIDAÇÃO DO MODELO (ACURÁCIA) | ETAPA 8: AVALIAR RESULTADOS |
| ETAPA 06: SELEÇÃO DA MELHOR ALTERNATIVA E APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS AOS TOMADORES DE DECISÃO | |
| ETAPA 07: IMPLEMENTAÇÃO DA SOLUÇÃO E AVALIAÇÃO DE RECOMENDAÇÕES | |

Fonte: elaborado pelo autor (2019)

4 PROPOSIÇÃO DO MODELO DE ALOCAÇÃO BASEADO EM COMPETÊNCIAS

Esta seção apresenta um modelo para a resolução do problema de alocação baseado em competências para empresas prestadoras de serviços. Para isso ela está estruturada em 8 etapas. A etapa 1 tem por finalidade a familiarização com as operações da empresa: compreender o problema de otimização, definindo qual é o resultado que pretende-se obter e quais as questões que se espera responder com a aplicação do método. A etapa 2 consiste em realizar a formulação matemática do problema de otimização, com base nas informações levantadas na etapa 1. As etapas 3 a 6 descrevem como são levantados os dados e estruturadas as informações que subsidiam o emprego da formulação matemática. A etapa 7 descreve duas heurísticas para a resolução do problema. Por fim, a etapa 8 apresenta considerações para a avaliação dos resultados.

4.1 ETAPA 1: DEFINIR PROBLEMA (ESCOPO E OBJETIVOS)

O modelo proposto inicia com a definição do problema. A definição compreende a análise situacional do negócio em que a prestação de serviços está situada. Nesta etapa, é identificado: (i) o tipo de serviço prestado; (ii) suas características mais relevantes para o estudo; (iii) evidências e indicadores que demonstrem a situação com o potencial para a aplicação do estudo de otimização; e (iv) que gere questionamentos relevantes que deverão ser respondidos ao final do emprego do modelo. Ao final desta etapa deverão estar bem definidos o escopo e os objetivos do estudo.

4.2 ETAPA 2: REALIZAR A FORMULAÇÃO MATEMÁTICA DO PROBLEMA

Deseja-se atender de forma eficiente a uma demanda por prestação de serviços. Todo atendimento à demanda por serviços, em síntese, requer uma certa quantidade de horas de atuação profissional, com competências específicas para esse fim. Assim, o atendimento à demanda de forma eficiente, ocorrerá por meio do adequado balanceamento entre a demanda por horas profissionais e a oferta dessas horas por um prestador de serviços.

Para toda prestação de serviço, pode ser mensurada uma quantidade de horas

profissionais necessárias à sua realização. A prestação de serviço de treinamentos e cursos, por exemplo, tem por premissa a definição de uma carga horária para a realização desses. Assim, a carga horária deverá ser considerada como base para a quantificação de horas de demanda. Cabe ressaltar que o comportamento da demanda ocorre de maneira variável, tanto conforme a região de atendimento como à época do ano (sazonalidade).

A disponibilidade de horas por profissional para o atendimento à demanda está diretamente ligada à sua capacidade líquida para atendimento. Assim tem-se que:

$$TH = HS_{LIQ} + HS_{Aux} + H_{ADM} \quad (6)$$

Onde:

TH → Total de Horas úteis mensais do Profissional (dias úteis);

HS_{LIQ} → Horas Mensais Líquidas dedicadas a realização de serviços;

HS_{Aux} → Horas Mensais Auxiliares a realização de serviços;

H_{ADM} → Horas Mensais utilizadas em atividades administrativas e outras atividades;

Assim, HS_{LIQ} é considerado a capacidade líquida em horas para a prestação de serviços por profissional. O HS_{Aux} por sua vez representa todas as horas dedicadas de forma auxiliar a prestação do serviço, tais como *deslocamento*, desenvolvimento de material customizado, visitas técnicas, tempo dedicado ao orçamento do serviço, etc.

A eficiência no atendimento à demanda está assim diretamente ligada à manutenção e à ampliação de HS_{LIQ} mensais realizadas. Uma maneira de favorecer a otimização de HS_{LIQ} mensais é promovendo uma adequada distribuição (ou alocação) de profissionais nas regiões de atendimento à demanda, conforme o volume e o perfil da demanda por competências em prestação de serviços.

Seja I um grupo de recursos (profissionais). Cada um dos profissionais pertencentes a esse grupo possui uma ou mais proficiências (ou competências), que por sua vez compõem o conjunto K . Esses profissionais deverão ser individualmente alocados em uma região pertencente a um conjunto de regiões J . Essa alocação se dará com base no comportamento da demanda por serviços que requisita a oferta de profissionais (i) possuindo o adequado perfil de proficiências (K). Assim tem-se que:

$I = \{1, 2, 3, \dots, i, \dots, m\}$ é o conjunto de m recursos qualificados;
 $J = \{1, 2, 3, \dots, j, \dots, n\}$ é o conjunto de n regiões de demanda; e
 $K = \{1, 2, 3, \dots, k, \dots, o\}$ é o conjunto de o proficiências;

Esse problema pode ser adequadamente estruturado por meio do emprego de matrizes. Seja D uma *Matriz Demanda*, tal que:

$$D = \begin{bmatrix} d_{11} & d_{12} & d_{13} & \dots & d_{1k} & \dots & d_{1o} \\ d_{21} & d_{22} & d_{23} & \dots & d_{2k} & \dots & d_{2o} \\ d_{31} & d_{32} & d_{33} & \dots & d_{3k} & \dots & d_{3o} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ d_{n1} & d_{n2} & d_{n3} & \dots & d_{jk} & \dots & d_{no} \end{bmatrix} \quad (7)$$

Os termos d_{jk} da matriz D correspondem à demanda em cada uma das regiões (linhas), por serviços que requerem determinadas proficiências (colunas). Os valores dos termos são expressos em horas de prestação de serviços. De maneira sintética, pode-se representar a matriz D como:

$$D \rightarrow [d_{jk}]_{n \times o}, \text{ Matriz Demanda,} \quad d_{jk} \in \mathbb{R}_+ \mid \forall j, k$$

De forma análoga tem-se as matrizes Oferta (O) e Horas não Atendidas (N):

$$O \rightarrow [o_{jk}]_{n \times o}, \text{ Matriz Oferta,} \quad o_{jk} \in \mathbb{R}_+ \mid \forall j, k$$

$$N \rightarrow [n_{jk}]_{n \times o}, \text{ Matriz Horas Não Atendidas,} \quad n_{jk} \in \mathbb{R}_+ \mid \forall j, k$$

Sobre o relacionamento entre as Matrizes D , O e N tem-se que: certa região (j) possui uma *demanda* por um serviço tal que, para ser atendido, requer a *oferta* local de um profissional (i) com certa competência (k). O montante de horas demandadas (em certa região) pode ser atendido de forma *total ou parcial* por meio de um montante de horas ofertadas, resultando assim em um montante de horas não atendidas. Essa relação pode ser descrita de forma matricial como:

$$D_{n \times o} - O_{n \times o} = N_{n \times o} \quad (8)$$

O valores da Matriz D advêm do comportamento da demanda de mercado. A matriz O representa a resposta à Matriz D com base na oferta de profissionais qualificados para o atendimento à demanda. As demandas d_{jk} podem ser atendidas em sua totalidade, de forma parcial, ou simplesmente não atendidas, conforme a disponibilidade de profissionais qualificados e alocados na região de demanda. Assim, para cada demanda passa a existir uma valor n_{jk} tal que:

$$d_{jk} - o_{jk} = n_{jk}, \quad \forall j, k \quad \text{onde } n_{jk} \geq 0 \quad \text{ou} \quad d_{jk} \geq o_{jk} \quad (9)$$

Sendo a matriz D composta por termos que refletem o comportamento do mercado, é imediato que a ação sobre o problema de otimização recai na forma como será estruturada a matriz oferta. A matriz oferta é função da disponibilidade de profissionais (conjunto I), suas proficiências (conjunto K) e a forma como esses serão alocados em cada região (conjunto J). Introduzem-se assim as matrizes proficiência (P) e alocação (A).

A Matriz A , relaciona os recursos ou profissionais (linhas) que poderão ser alocados em uma das regiões (colunas).

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & \dots & a_{1j} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & \dots & a_{2j} & \dots & a_{2n} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & \dots & a_{3j} & \dots & a_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & a_{m3} & \dots & a_{ij} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix} \quad (10)$$

Assim, o elemento a_{ij} significa que um determinado recurso i foi alocado em uma região j . A matriz A é do tipo binária (ou lógica), isso é, contém valores iguais a 0 ou 1, de forma que:

$$\text{Se } a_{ij} \begin{cases} = 1, & \text{o recurso } i \text{ será alocado na região } j \\ = 0, & \text{não será alocado} \end{cases}$$

A matriz de proficiências P , relaciona os recursos (linhas) com suas respectivas proficiências (colunas).

$$P = \begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} & p_{13} & \dots & p_{1k} & \dots & p_{1o} \\ p_{21} & p_{22} & p_{23} & \dots & p_{2k} & \dots & p_{2o} \\ p_{31} & p_{32} & p_{33} & \dots & p_{3k} & \dots & p_{3o} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ p_{m1} & p_{m2} & p_{m3} & \dots & p_{ik} & \dots & p_{mo} \end{bmatrix} \quad (11)$$

A matriz P também é do tipo binária (ou lógica), de forma que:

$$\text{Se } p_{ik} \begin{cases} = 1, & \text{o recurso } i \text{ possui a proficiência } k \\ = 0, & \text{não o possui} \end{cases}$$

Assim, A e P também podem ser representados de forma sintética como:

$$\begin{aligned} A &= [a_{ij}]_{m \times n} \quad , \quad \text{Matriz Alocação,} & a_{ij} &\in \{0, 1\} \quad \forall i, j \\ P &\rightarrow [p_{ik}]_{m \times o} \quad , \quad \text{Matriz Proficiências,} & p_{ik} &\in \{0, 1\} \quad \forall i, k \end{aligned}$$

Em adição a D , O , N , P e A , analogamente são apresentadas as seguintes matrizes:

$$\begin{aligned} \check{B}_j &\rightarrow [b_{ikj}]_{m \times o \times (j)} \quad , \quad \text{Matriz Atendimento,} & b_{ikj} &\in \mathbb{R}_+ \quad \forall i, k, j \\ \bar{B} &\rightarrow [b_{ij}]_{m \times n} \quad , \quad \text{Matriz Atendimento Total por Região,} & b_{ij} &\in \mathbb{R}_+ \quad \forall i, j \\ C &\rightarrow [c_{ikj}]_{(m,n) \times o} \quad , \quad \text{Matriz Potencial Atendimento,} & c_{ikj} &\in \mathbb{R}_+ \quad \forall i, k, j \\ S &\rightarrow [c_{ij}]_{m \times n} \quad , \quad \text{Matriz Potencial Agregado,} & c_{ij} &\in \mathbb{R}_+ \quad \forall i, j \\ \vec{A} &\rightarrow [\vec{a}_i]_m \quad , \quad \text{Vetor Alocação,} & \vec{a}_i &\in \{0, 1\} \quad \forall i \end{aligned}$$

A Matriz \check{B}_j contém os termos b_{ikj} , tal que:

- $b_{ikj} \rightarrow$ quantidade de horas ofertadas do profissional i , para proficiência k , na região j , para o atendimento à demanda d_{jk} .
- Para um total de n regiões, há um total de n matrizes \check{B}_j ou:

$$\vec{B}_j \rightarrow \{\vec{B}_1, \vec{B}_2, \dots, \vec{B}_n\}$$

Assim, na já mencionada matriz O , cada termo o_{jk} é resultante das variáveis de decisão b_{ikj} . Tem-se assim que a oferta total de horas profissionais em uma determinada região e para uma certa proficiência, pode ser expressa como:

$$o_{jk} = \sum_{i=1}^m b_{ikj} \cdot p_{ik} , \quad \forall j, k \quad (12)$$

A matriz \vec{B} demonstra o total de horas ofertadas por profissional em cada região, ou:

$$b_{ij} = \sum_{k=1}^o b_{ikj} \cdot p_{ik} , \quad \forall i, j \quad (13)$$

O Vetor \vec{A} é do tipo binário (ou lógico) e compreende um conjunto de parâmetros \vec{a}_i auxiliares à operacionalização da heurística para resolução do problema.

Seja \vec{A} tal que:

$$\vec{A} \rightarrow \{\vec{a}_1, \vec{a}_2, \vec{a}_3, \dots, \vec{a}_m\}, \quad \vec{a}_i \in \{0, 1\} \quad \forall i$$

Se $\begin{cases} \vec{a}_i = 1, & \text{o recurso } i \text{ já se encontra alocado para atendimento a demanda} \\ \vec{a}_i = 0, & \text{ainda não se encontra alocado} \end{cases}$

Inicialmente todo $\vec{a}_i = 0$. À medida que os recursos são alocados^(*) e todas as suas horas disponíveis são distribuídas, cada termo passa a assumir o valor $\vec{a}_i = 1$. A aplicação de \vec{A} é abordada em detalhes na seção 4.7.3 que descreve a heurística para resolução do problema.

A Matriz C representa o potencial de atendimento do recurso (PAR), ou o potencial que cada profissional i possui para atender n_{jk} (demanda não atendida). É composta por $(m \times n)$ Linhas e o colunas, isso é:

$$C \rightarrow [c_{ikj}]_{(m.n) \times o}$$

A figura 1 ilustra o relacionamento entre as matrizes P, N e C. Inicialmente P e N são conhecidos. Antes de qualquer alocação de horas profissionais na matriz oferta, tem-se $N = D$. Os termos de C são então obtidos por meio da expressão:

$$c_{ikj} = p_{ik} \cdot n_{jk} \cdot (1 - \tilde{a}_i) \quad (14)$$

Figura 1 - Exemplo da relação entre as matrizes P, N e C

| | | $P_{m \times o}$ | | k=1 | k=2 | k=3 | k=4 | k=5 | k=6 | k=7 | k=8 |
|-----------------|-----|------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | i=1 | i=2 | i=3 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| MATRIZ P | i=1 | 1 | 1 | 1 | | | | | | | |
| | i=2 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | |
| | i=3 | | | | | | | | 1 | 1 | |
| | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |

| MATRIZ N | | N_{1k} | | k=1 | k=2 | k=3 | k=4 | k=5 | k=6 | k=7 | k=8 |
|-----------------|--|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| j=1 | | 300 | 150 | 50 | 20 | 40 | 30 | 250 | 250 | | |

| MATRIZ C | | | $J \quad I$ | | k=1 | k=2 | k=3 | k=4 | k=5 | k=6 | k=7 | k=8 | Total (c_{ij}) |
|-------------------------------|-----|---|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------------------------------|
| | | | 1 | i=1 | 300 | 150 | 50 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |  | 500 |
| (c_{ikj}) | j=1 | 1 | i=2 | 0 | 150 | 50 | 20 | 40 | 30 | 0 | 0 | 290 | |
| | | 1 | i=3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 250 | 250 | 500 | |
| | | 1 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | |
| | | 1 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | |

Fonte: elaborado pelo autor (2019)

O potencial de atendimento do recurso (c_{ikj}) é função simultaneamente do portfólio de proficiências do recurso assim como da magnitude da demanda por essas proficiências na região que se observa. No exemplo da figura 1, o recurso i=2 possui maior número de proficiências que os demais recursos, no entanto os outros dois

recursos possuem maior potencial de atendimento agregado, ou c_{ij} , que corresponde a resultante da soma da linha c_{ikj} (informado na coluna mais à direita de C), ou:

$$c_{ij} = \sum_{k=1}^o c_{ikj} \quad , \quad \forall i, j \quad (15)$$

Esse aspecto demonstra que há uma tendência de que quanto maior o número de proficiências que um profissional possui, maior o seu potencial de atendimento. Porém um menor número de proficiências (mais restritas), com elevado nível de demanda, também poderá resultar em potenciais de atendimento elevados. Assim, nesses casos as proficiências cujos domínios pelo profissional sejam mais difíceis de se obter não serão penalizadas no dimensionamento do potencial de atendimento do recurso. A generalização da matriz C pode ser observada no quadro 5.

Quadro 5 - Demonstrativo da composição da matriz C

| J | I | k=1 | k=2 | k=3 | ... | k=o | Total (c_{ij}) |
|----------|----------|----------------------|----------------------|-----------------|------------|----------------------|-------------------------------------|
| 1 | i=1 | (C _{ik1}) | | | | (C _{io1}) | C ₁₁ |
| | i=2 | | | | | | C ₂₁ |
| | i=3 | | | | | | C ₃₁ |
| | ... | | | | | | C _{i1} |
| | i=m | (C _{mk1}) | (C _{mo1}) | C _{m1} | | | |
| 2 | i=1 | (C _{ik2}) | | | | (C _{io2}) | C ₁₂ |
| | i=2 | | | | | | C ₂₂ |
| | i=3 | | | | | | C ₃₂ |
| | ... | | | | | | C _{i2} |
| | i=m | (C _{mk2}) | (C _{mo2}) | C _{m2} | | | |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| n | i=1 | (C _{ikn}) | | | | (C _{ion}) | C _{1n} |
| | i=2 | | | | | | C _{2n} |
| | i=3 | | | | | | C _{3n} |
| | ... | | | | | | C _{in} |
| | i=m | (C _{mkn}) | (C _{mon}) | C _{mn} | | | |

Fonte: elaborado pelo autor (2019)

Com base em C (quadro 5), cria-se a variável $W_{(k)}$ que corresponde a soma de todos os termos de uma *coluna* k . Assim:

$$W_{(k)} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ikj}, \quad \forall k \quad \text{Pot. Atendimento Global de } k \quad (16)$$

A operacionalização da heurística por meio da matriz C e da variável $W_{(k)}$ é abordada em detalhes na seção 4.7.3.

Conforme já mencionado, por meio dos termos c_{ikj} de C , obtém-se c_{ij} . Assim a matriz $S \rightarrow [c_{ij}]_{m \times n}$ é obtida diretamente da matriz C . A matriz S também pode ser obtida diretamente por meio da expressão:

$$S = P \cdot N^T (1 - \vec{a}_i) \quad (17)$$

onde N^T é a matriz transposta de N .

A tabela 1 demonstra um exemplo com a estruturação da matriz S .

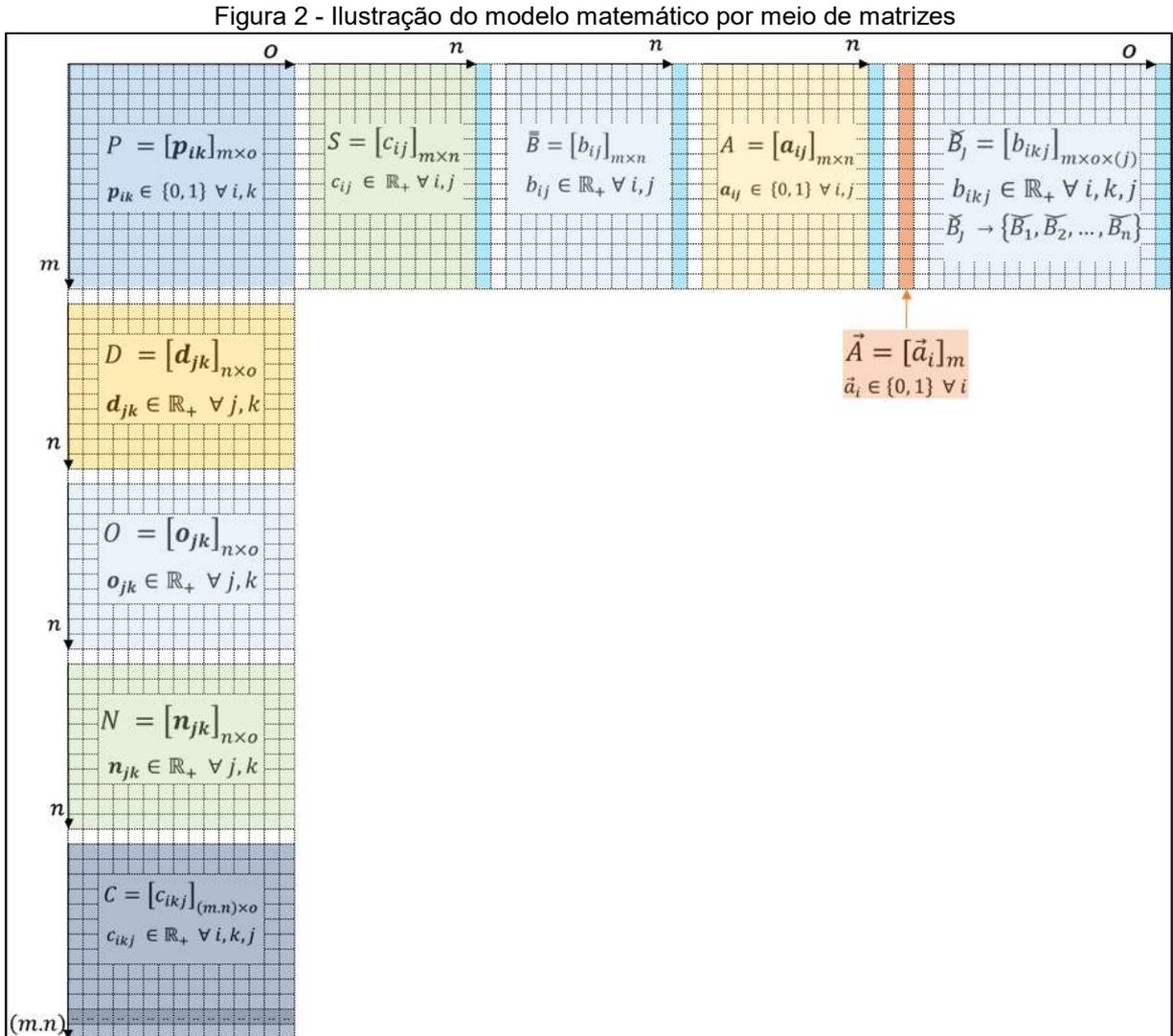
Tabela 1 - Demonstrativo da composição da matriz S

| c_{ij} | $j=1$ | $j=2$ | $j=3$ | ... | $j=n$ | $\sum c_{ij}$ |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|---------------|
| $i=1$ | c_{11} | c_{12} | c_{13} | ... | c_{1n} | $\sum c_{1j}$ |
| $i=2$ | c_{21} | c_{22} | c_{23} | ... | c_{2n} | $\sum c_{2j}$ |
| $i=3$ | c_{31} | c_{32} | c_{33} | ... | c_{3n} | $\sum c_{3j}$ |
| ... | ... | ... | ... | c_{ij} | ... | ... |
| $i=m$ | c_{m1} | c_{m2} | c_{m3} | ... | c_{mn} | $\sum c_{mj}$ |

Com base em S (tabela 1), define-se como $S_{(i)}$ o somatório de todos os termos de uma linha:

$$S_{(i)} = \sum_{j=1}^n c_{ij}, \quad \forall i \quad (18)$$

A operacionalização da heurística por meio da matriz S e a variável $S_{(i)}$ é abordada em detalhes na seção 4.7.3. A figura 2 apresenta graficamente o conjunto de matrizes envolvidas na formulação matemática do problema.



Fonte: elaborado pelo autor (2019)

Algumas considerações sobre o modelo se fazem necessárias:

- Neste modelo nenhuma matriz aceita valores negativos;
- As Matrizes P e D contêm valores fixos. Essa característica se deve a:
 - O conjunto de proficiências possuídas por cada profissional são mapeadas e representadas como uma condição inicial do problema;
 - Os valores de demanda são assumidos como válidos, uma vez que foram previamente avaliados e pré-determinados por meio de um estudo de previsão de demanda. Todas as demais matrizes contêm valores

variáveis.

- c) \check{B}_j contém as variáveis de decisão (b_{ikj}). Os valores atribuídos a esses termos devem buscar a otimização do problema, uma vez que implicam diretamente nos valores de O. Tem-se assim por meio das equações (9) e (12) que:

$$d_{jk} - \sum_{i=1}^m b_{ikj} \cdot p_{ik} = n_{jk} \quad \forall j, k \quad (19)$$

- d) Além de O, as matrizes \bar{B} e A também são influenciadas pelas variáveis de decisão b_{ikj} de \check{B}_j . A matriz \bar{B} indica a soma total de horas alocadas por profissional em cada região. Para cada profissional, a região com maior quantidade de horas distribuídas compreenderá sua região de alocação (ou lotação). De forma que seja a matriz $\bar{B} \rightarrow [b_{ij}]_{m \times n}$ tal que:

$$b_{ij} = \sum_{k=1}^o b_{ikj} \cdot p_{ik} , \quad \forall i, j \quad e \quad (20)$$

- e) Considerando-se as matrizes \bar{B} e A: Em \bar{B} , seja um profissional i cujas horas foram distribuídas no conjunto de regiões J, a região com o maior número de horas ofertadas por esse profissional é dada por $Max(b_i)$. Por definição a região de $Max(b_i)$ será a região de alocação (ou lotação) do profissional i. Assim, na matriz A, os termos a_{ij} serão tais que:

$$Se \frac{b_i}{Max(b_i)} \begin{cases} = 1, & a_{ij} = 1 \\ \neq 1, & a_{ij} = 0 \end{cases}$$

Finalmente a resolução do problema pode ser descrita, aplicando-se a notação adequada, conforme as equações 21 a 25:

Funções Objetivo:

$$\text{Min} \quad \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^o n_{jk} \quad (21)$$

$$\text{Max} \quad \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^o o_{jk(L)} \quad (22)$$

$$\text{Min} \quad \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n a_{ij} \quad (23)$$

S.A.

$$\sum_{k=1}^o \sum_{j=1}^n b_{ikj} \cdot p_{ik} \leq HS_{LIQ} \quad , \quad \forall i \quad (24)$$

$$d_{jk} - \sum_{i=1}^m b_{ikj} \cdot p_{ik} \leq n_{jk} \quad , \quad \forall j, k \quad (25)$$

$$\sum_{j=1}^n b_{ikj} \leq 10.000 p_{ik} \quad , \quad \forall i, k \quad (26)$$

$$b_{ikj}, d_{jk}, o_{jk}, n_{jk}, p_{ik}, a_{ik}, c_{ikj}, c_{ij} \geq 0 \quad , \quad \forall i, j, k \quad (27)$$

Onde b_{ikj} são as *variáveis de decisão* do problema.

Deseja-se atender à demanda de maneira a minimizar a necessidade de atendimentos por mobilidade, ou seja, ampliar o atendimento com profissionais locais.

Os termos da formulação do problema (acima representados), especificam que a solução deve (21) minimizar o somatório de horas não atendidas em todas as regiões (ou seja, todos os termos da matriz N). Deseja-se que o atendimento se dê de maneira a minimizar a necessidade de atendimentos por mobilidade, ou seja, (22) maximizar o atendimento com horas locais (profissionais da região). Adicionalmente avalia-se (23) o mínimo quadro necessário afim de realizar todo o atendimento. Cada recurso poderá ofertar (24) um total de horas profissionais tal que não exceda sua capacidade e somente nas competências que possuir proficiência. Em cada região

(25) a oferta em horas por proficiência não excederá as respectivas horas demandas e (26) todo profissional disponibiliza horas de atendimento somente para as competências em que possui proficiência. Por fim (27) nenhuma variável poderá assumir valores negativos. A equação vinte e seis compreende um parâmetro otimizador da solução: quando $p_{ik} = 0$ (ou seja, o recurso não possui a proficiência), qualquer simulação com b_{ikj} é desnecessária e apenas comprometerá o tempo de simulação computacional para a obtenção da resposta. Com esse parâmetro, soluções não viáveis são segregadas mais rapidamente.

4.3 ETAPA 3: REALIZAR MAPEAMENTO ESTRUTURADO DO PORTFÓLIO

A etapa 3 inicialmente tem como finalidade conhecer e criar familiaridade com o portfólio de serviços da empresa. A partir do portfólio, será estruturado um sistema de classificação de proficiências (SCP). Esse sistema corresponde justamente ao conjunto K (proficiências) introduzido na formulação matemática (etapa 2). O SCP compreende a base para a operacionalização do presente problema de otimização.

4.3.1 Subetapa 3.1: Relacionar portfólio

A primeira etapa do procedimento consiste em listar o portfólio de serviços da empresa. A listagem permitirá criar familiaridade com os serviços prestados pela empresa (quadro 6).

Quadro 6 - Exemplo de listagem de um portfólio de serviços

| CÓDIGO SERVIÇO | NOME/DESCRIÇÃO DO SERVIÇO |
|-----------------------|----------------------------------|
| 0123456 | PRESTAÇÃO DE SERVIÇO EM SST 0001 |
| 0234567 | PRESTAÇÃO DE SERVIÇO EM SST 0002 |
| 0345678 | PRESTAÇÃO DE SERVIÇO EM SST 0003 |
| 0456789 | PRESTAÇÃO DE SERVIÇO EM SST 0004 |
| 0567890 | PRESTAÇÃO DE SERVIÇO EM SST 0005 |
| | |
| 0987650 | PRESTAÇÃO DE SERVIÇO EM SST 0656 |

Fonte: elaborado pelo autor (2019)

4.3.2 Subetapa 3.2: Determinar parâmetros que diferenciam os elementos do portfólio entre si

O próximo passo é relacionar qual o perfil básico de qualificação (ou formação) dos profissionais aptos a conduzirem os serviços em SST. Tal como menciona-se na seção 2.2.2, os profissionais de SST são: (i) o técnico de segurança do Trabalho, (ii) o engenheiro de segurança do trabalho, (iii) o auxiliar de enfermagem do trabalho, (iv) o enfermeiro do trabalho e (v) o médico do Trabalho. Deve-se então identificar quais desses profissionais de SEESMT são demandados para cada serviço listado no portfólio da empresa. De forma subsequente, deverá ser relacionado qual o nível de utilização (em horas) de cada profissional para cada serviço relacionado. Conforme mencionado na seção 2.3.2, algumas NRs especificam objetivamente aspectos como a carga horária dos cursos, conteúdo programático, profissionais qualificados a ministrar treinamentos, etc. Por outro lado algumas NRs descrevem diretrizes e premissas gerais a serem seguidas pelos profissionais de segurança do trabalho de forma que esses avaliem e estructurem os treinamentos conforme a necessidade específica da demanda, porém seguindo esse conjunto de orientações. Dessa forma, a partir da listagem do portfólio, consolidam-se todas as informações técnicas e regras de negócio, que descreverão de forma integral e inequívoca o modus operandi dos serviços.

A tabela 2 demonstra que, a partir da relação do portfólio (estabelecido na etapa anterior), discrimina-se a informação de quais profissionais de SEESMT são necessários para os mesmos e em que nível de utilização (horas líquidas destinadas a prestação do serviço).

Tabela 2 - Exemplo de Portfólio de Serviços com discriminação dos profissionais envolvidos e cargas horárias respectivas

| Código Serviço | Nome/descrição do serviço | Carga horária por profissional SEESMT | | | |
|----------------|----------------------------------|---------------------------------------|-----|-----|-------|
| | | Tec | Enf | Eng | TOTAL |
| 0123456 | Prestação de serviço em sst 0001 | 20 | | | 20 |
| 0234567 | Prestação de serviço em sst 0002 | 4 | | | 4 |
| 0345678 | Prestação de serviço em sst 0003 | 8 | 8 | 24 | 40 |

4.3.3 Subetapa 3.3: Caracterizar sistema de classificação de proficiências

É importante ressaltar que a competência e aptidão para realizar serviços em SEESMT, como por exemplo, ministrar treinamentos em NRs, reúne muitas vezes além da formação, um conjunto de capacitações e habilidades aliadas à experiência. Conforme citado na seção 2.3.2, esse conjunto de fatores que sintetiza a competência de um profissional para realizar um determinado serviço em SEESMT, nesse trabalho é denominado de proficiência. O quadro 7 exemplifica o conjunto de proficiências necessárias para a condução de um serviço em SST.

Quadro 7 - Qualificações para realizar o curso de NR10 básico

| NOME DO SERVIÇO | FORMAÇÃO TÉCNICA |
|--|--|
| NR10 – TREINAMENTO BÁSICO DE SEGURANÇA EM INSTALAÇÕES E SERVIÇOS EM ELETRICIDADE | RISCOS ELÉTRICOS: Profissionais, com formação de nível Superior em Engenharia Elétrica ou Técnico na área elétrica com registro vigente no conselho de classe. |
| | PREVENÇÃO DE INCÊNDIO: Profissionais com formação de nível Técnico em Segurança do Trabalho com proficiência na área afim e registro no MTE, ou Bombeiro com registro. |
| | PRIMEIROS SOCORROS: Profissionais com formação de nível superior na área de Saúde – Médico ou Enfermeiro, com registro vigente no competente conselho de classe. |

Fonte: adaptado de dados da empresa (2018)

Um portfólio extenso de serviços poderá requerer uma grande variedade de proficiências. O emprego de códigos estruturados para esse fim auxilia a caracterização e a gestão de um sistema de informações complexo. A seguir apresenta-se um sistema de classificação e agrupamento de proficiências para um portfólio de treinamentos em NRs. Sejam os seguintes caracteres:

| | | | | | | | | |
|----|----------------|----------------|---|---|----------------|----------------|---|---|
| NR | X ₀ | X ₁ | . | G | Y ₀ | Y ₁ | . | Z |
|----|----------------|----------------|---|---|----------------|----------------|---|---|

Onde,

NR: Prefixo introdutório que especifica que a proficiência está ligada a prestação de serviços relacionados as normas regulamentadoras.

X₀ e X₁: caracterizam a principal norma regulamentadora associada a serviço prestado. Exemplo: NR05, NR06, NR11, NR18, etc.;

G: indica que os termos seguintes correspondem a um agrupamento de proficiências;

Y₀ e Y₁: enumeram os diferentes agrupamentos de proficiência;

Z: sufixo complementar ao agrupamento que designa a formação técnica do profissional (variável). Exemplo: A (Engenheiro), B (Técnico) ou C (Enfermeiro);

Como exemplo, retomando-se as informações contidas no quadro 7, pode-se citar os treinamentos em NR10, que tratam sobre segurança em instalações e serviços em eletricidade. Os cursos de NR10: formação básico (40 horas), o de reciclagem em NR10 básico (8 horas) e suas derivações (agrupamento), compreendem a atuação de 3 profissionais de SEESMT (engenheiro, técnico e enfermeiro). Dessa forma, pode-se empregar a seguinte codificação de proficiências:

- a) NR10.G01.A – proficiência em treinamentos de NR10 Básico, Grupo 01, formação: Engenheiro de ST;
- b) NR10.G01.B – proficiência em treinamentos de NR10 Básico, Grupo 01, formação: Técnico de ST;
- c) NR10.G01.C – proficiência em treinamentos de NR10 Básico, Grupo 01, formação: Enfermeiro de ST.

4.3.4 Subetapa 3.4: Aplicar ao portfólio o sistema de classificação de proficiências

A próxima subetapa consiste em aplicar o sistema de classificação de proficiências elaborado na seção anterior ao portfólio inicialmente relacionado. O quadro 8, apresentado abaixo, apresenta a formatação aplicada segundo o exemplo da seção anterior.

Quadro 8 - Exemplo de serviços estruturados segundo o sistema de classificação proposto

| CÓDIGO | NOME DO CURSO | CARGA HORÁRIA POR CURSO | | | | PROFICIÊNCIA | | |
|---------|--|-------------------------|-----|-----|-------|--------------|------------|------------|
| | | TEC | ENF | ENG | TOTAL | TÉCNICO | ENFERMEIRO | ENGENHEIRO |
| 9010005 | NR10 - BÁSICO SEG. SERVIÇOS EM ELETRICIDADE - 40H | 8 | 8 | 24 | 40 | NR10.G01.B | NR10.G01.C | NR10.G01.A |
| 9010011 | NR10 - RECICLAGEM BÁSICO DE SEGURANÇA EM INSTALAÇÕES E SERVIÇOS EM ELETRICIDADE - 8H | | | 8 | 8 | - | - | NR10.G01.A |
| 9010264 | NR10 - RECICLAGEM BÁSICO - 16H - CUSTOMIZADO 001 | | 4 | 12 | 16 | - | NR10.G01.C | NR10.G01.A |
| 9010008 | NR10 - RECICLAGEM BÁSICO - 16H - CUSTOMIZADO 002 | | 4 | 12 | 16 | - | NR10.G01.C | NR10.G01.A |
| 9010010 | NR10 - RECICLAGEM BÁSICO - 16H - CUSTOMIZADO 003 | | 4 | 12 | 16 | - | NR10.G01.C | NR10.G01.A |
| 9010007 | NR10 - RECICLAGEM BÁSICO SEG EM INSTALAÇÕES E SERV EM ELET - 20H - CUST. | 4 | 4 | 12 | 20 | NR10.G01.B | NR10.G01.C | NR10.G01.A |

Fonte: adaptado dos dados da empresa (2018)

No exemplo ilustrado no quadro 8, consegue-se perceber como algumas proficiências se repetem para múltiplos serviços. Essa característica é de fundamental importância, pois em problemas de otimização combinatória, tal como apresentado na seção 2.1, o aumento linear do número de variáveis de decisão pode ampliar exponencialmente o tempo e a capacidade computacional requeridos para encontrar a solução ótima do problema.

De posse do portfólio de serviços estruturado, consegue-se relacionar todo o conjunto de proficiências necessárias para realizar os serviços contidos no portfólio. Esse conjunto corresponde ao conjunto *K*.

4.4 ETAPA 4: REALIZAR MAPEAMENTO DO HISTÓRICO DE DEMANDA E ESTRUTURAR A MATRIZ DEMANDA

A etapa 4 assemelha-se a etapa anterior. Porém, enquanto a etapa 3 possui como ponto de partida a listagem do portfólio, a etapa 4 parte da listagem do histórico de demanda. Analogamente ao detalhamento de informações técnicas (cargas horárias e proficiências) aplicadas a listagem inicial do portfólio na etapa anterior, a presente etapa detalhará o mesmo padrão de informações sobre o histórico de demanda. Com o histórico de demanda estruturado com essas informações, será possível reorganizar os dados de forma a obter, por fim, a Matriz Demanda (introduzida na etapa 2).

4.4.1 Subetapa 4.1: Relacionar histórico de demanda

Relaciona-se o histórico de demanda relativo ao portfólio apresentado na etapa 3. O quadro 9, apresenta um exemplo de histórico de demanda sobre os serviços prestados.

Quadro 9 - Exemplo de histórico de demanda

| ANO | MÊS | NOME/DESCRIÇÃO DO SERVIÇO | REGIÃO |
|------|-----|----------------------------------|--------|
| 2018 | 2 | PRESTAÇÃO DE SERVIÇO EM SST 0001 | 8 |
| 2018 | 2 | PRESTAÇÃO DE SERVIÇO EM SST 0001 | 3 |
| 2018 | 3 | PRESTAÇÃO DE SERVIÇO EM SST 0001 | 3 |
| 2018 | 2 | PRESTAÇÃO DE SERVIÇO EM SST 0050 | 4 |
| 2018 | 3 | PRESTAÇÃO DE SERVIÇO EM SST 0050 | 9 |
| 2018 | 4 | PRESTAÇÃO DE SERVIÇO EM SST 0050 | 7 |

Fonte: elaborado pelo autor (2019)

4.4.2 Subetapa 4.2: Aplicar ao histórico de demanda o sistema de classificação de proficiências

A partir do histórico de demanda em seu formato inicial (vide subetapa anterior), reproduz-se sobre o mesmo o modelo estruturado tal como na etapa 3. Assim obtém-se o histórico de demanda estruturado. O quadro 10, apresenta um exemplo de histórico de demanda estruturado.

Quadro 10 - Exemplo de histórico de demanda estruturada

| ANO | MÊS | NOME/DESCRIÇÃO DO SERVIÇO | REGIÃO | CARGA HORÁRIA TOTAL | | | | PROFICIÊNCIA | | |
|------|-----|----------------------------|--------|---------------------|-----|-----|-----|--------------|------------|------------|
| | | | | TEC | ENF | ENG | TOT | TEC | ENF | ENG |
| 2018 | 2 | PREST. SERVIÇO EM SST 0001 | 1 | 20 | | | 20 | NR05.G01.B | - | - |
| 2018 | 2 | PREST. SERVIÇO EM SST 0001 | 2 | 20 | | | 20 | NR05.G01.B | - | - |
| 2018 | 2 | PREST. SERVIÇO EM SST 0001 | 2 | 20 | | | 20 | NR05.G01.B | - | - |
| 2018 | 2 | PREST. SERVIÇO EM SST 0050 | 3 | 8 | 8 | 24 | 40 | NR10.G01.B | NR10.G01.C | NR10.G01.A |
| 2018 | 4 | PREST. SERVIÇO EM SST 0050 | 4 | 8 | 8 | 24 | 40 | NR10.G01.B | NR10.G01.C | NR10.G01.A |
| 2018 | 4 | PREST. SERVIÇO EM SST 0050 | 4 | 8 | 8 | 24 | 40 | NR10.G01.B | NR10.G01.C | NR10.G01.A |

Fonte: elaborado pelo autor (2019)

4.4.3 Subetapa 4.3: Estratificar histórico de demanda por proficiência e formatar a matriz demanda

O histórico estruturado de demanda por serviços, obtido na subetapa 4.2, fornece subsídios para a obtenção do histórico de demanda por proficiências. A partir do exemplo ilustrado pelo quadro 10, pode-se relacionar o histórico de demanda por proficiências tal como na tabela 3.

Tabela 3 - Demanda mensal em horas x proficiência

| | | HORAS PROFISSIONAIS REALIZADAS | | | | | | |
|--------|------------|--------------------------------|-------------|-------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------------|
| REGIÃO | PROFIÊNCIA | FEV 2018 | MAR 2018 | ABR 2018 | MÊS MÉDIA TOTAL | MÊS MÉDIA TOTAL | MÊS MÉDIA TOTAL | TOTAL PERÍODO |
| 1 | NR05.G01.B | 20 | ... | ... | ... | ... | 8 | 96 |
| 2 | NR05.G01.B | 40 | ... | ... | ... | ... | 10 | 120 |
| 3 | NR10.G01.B | 8 | ... | ... | ... | ... | 2 | 24 |
| 3 | NR10.G01.C | 8 | ... | ... | ... | ... | 2 | 24 |
| 3 | NR10.G01.A | 24 | ... | ... | ... | ... | 6 | 72 |
| 4 | NR10.G01.B | ... | ... | 16 | ... | ... | 8 | 96 |
| 4 | NR10.G01.C | ... | ... | 16 | ... | ... | 8 | 96 |
| 4 | NR10.G01.A | ... | ... | 48 | ... | ... | 24 | 288 |

Obtido o histórico de demanda por proficiências, pode-se organizar as informações para a obtenção da matriz D (demanda), tal como estabelecido na etapa 2. A tabela 4 exemplifica a formatação da matriz.

| Tabela 4 - Exemplo de formatação da matriz demanda (D) | | | | |
|--|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Região | NR05 G01.B | NR10 G01.A | NR10 G01.B | NR10 G01.C |
| 1 | 80 | | | |
| 2 | 120 | | | |
| 3 | | 117 | 39 | 39 |
| 4 | | 210 | 70 | 45 |

Cabe citar que o presente trabalho não pretende empregar metodologias específicas e sofisticadas para a previsão de demanda. Nesse trabalho, o histórico de demanda observado servirá de base para o modelo e será assumido como satisfatório para a modelagem do problema e a aplicação do modelo.

4.5 ETAPA 5: REALIZAR LEVANTAMENTO DE PROFISSIONAIS VERSUS PROFICIÊNCIA: ESTRUTURAR MATRIZ PROFICIÊNCIA P

O sistema de classificação de proficiências passa agora a ser utilizado para elaborar um banco de dados que apresenta quais proficiências possuem cada um dos profissionais da instituição. Por meio de um formulário, coletam-se os dados. Os formulários são acompanhados de documentos que comprovem essas proficiências (tal como apresentado na etapa um). O quadro 11 exemplifica o formato de coleta dos dados.

Quadro 11 - Banco de dados profissional x proficiência

| Profissional | Proficiência |
|---------------------|---------------------|
| Profissional 1 | NR05.G01.B |
| Profissional 1 | NR06.G01.B |
| Profissional 1 | NR10.G01.B |
| ... | ... |
| Profissional 2 | NR05.G01.B |
| Profissional 2 | NR06.G01.B |
| Profissional 2 | NR10.G01.B |
| ... | ... |
| Profissional M | NR06.G01.B |
| Profissional M | NR10.G01.A |
| Profissional M | NR10.G02.A |
| ... | ... |

Fonte: elaborado pelo autor (2019)

Uma vez com a relação profissional x proficiência, o último passo da terceira etapa consiste em estruturar a matriz recursos x proficiências, ou apenas matriz proficiência P, demonstrada na tabela 5.

Tabela 5 - Matriz recursos x proficiências

| ID | Instrutor x capacitação | NR05.G01.B | NR06.G01.B | NR10.G01.A | ... | NR35.G01.B |
|-----|----------------------------|------------|------------|------------|-----|------------|
| 1 | Profissional 01 | 1 | 1 | | ... | 1 |
| 2 | Profissional 02 | 1 | 1 | | ... | 1 |
| 3 | Profissional 03 | 1 | 1 | | ... | 1 |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| M | Profissional M | | 1 | | ... | |

A matriz P recursos x proficiência é uma matriz do tipo binária, tal como apresentado na seção 4.2.

4.6 ETAPA 6: REALIZAR LEVANTAMENTO DO HISTÓRICO DE HORAS APLICADAS E OBTER PARÂMETRO HSLIQ

Na etapa de formulação matemática, mais especificamente durante a síntese do problema, foram apresentados os conceitos de capacidade do recurso (TH) (expressa em total de horas úteis mensais disponíveis por profissional) e o seu detalhamento em componentes de tempo (HS_{LIQ} , HS_{AUX} e H_{ADM}). Posto isso, a sexta etapa do modelo tem por objetivo levantar e avaliar o histórico desses componentes de tempo, de forma a estabelecer o parâmetro HS_{LIQ} que será utilizado na aplicação do modelo proposto.

Inicialmente os dados são levantados na forma de um relatório em planilha eletrônica. Após, esses são organizados de forma a constituir um mínimo de informações necessárias, tal como exemplificado no quadro 12. No exemplo, percebem-se os lançamentos realizados por três profissionais diferentes. Para cada lançamento de horas aplicadas é necessário vincular as seguintes informações:

- Qual profissional as lançou;
- Para qual serviço do portfólio;
- Para que tipo de atividade vinculada ao serviço o lançamento foi realizado.

De posse dessas informações, classificam-se os lançamentos com a terminologia do modelo, conforme pode ser observado na última coluna à direita do quadro 12.

Quadro 12 - Exemplo de relatório de histórico de horas aplicadas por recurso

| DATA | CARGO | NOME RECURSO | NOME SERVIÇO | TIPO DE ATIVIDADE | Horas Aplic. | Tipo |
|---------|----------------|-----------------|---------------------------------|-------------------------------|--------------|-------|
| 5/1/18 | Técnico SST | Profissional 01 | Prestação de Serviço em SST 001 | CONSULTORIA | 6,0 | HSLIQ |
| 5/1/18 | Técnico SST | Profissional 01 | Prestação de Serviço em SST 001 | DESLOCAMENTO (NEGÓCIOS) | 1,5 | HSAux |
| 5/1/18 | Técnico SST | Profissional 01 | NA | ATIVIDADES ADMINISTRATIVAS | 2,0 | HADM |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 14/1/18 | Engenheiro SST | Profissional 43 | Prestação de Serviço em SST 035 | INSPEÇÃO TÉCNICA | 4,0 | HSLIQ |
| 14/1/18 | Engenheiro SST | Profissional 43 | Prestação de Serviço em SST 035 | DESLOCAMENTO (NEGÓCIOS) | 2,0 | HSAux |
| 14/1/18 | Engenheiro SST | Profissional 43 | Prestação de Serviço em SST 150 | PLANEJAMENTO (NEGÓCIO) | 2,0 | HSAux |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 22/2/18 | Enfermeiro SST | Profissional 60 | Prestação de Serviço em SST 098 | ELABORAÇÃO MATERIAIS TÉCNICOS | 8,8 | HSAux |
| 22/2/18 | Enfermeiro SST | Profissional 60 | Prestação de Serviço em SST 102 | PALESTRAS | 2,0 | HSLIQ |
| 22/2/18 | Enfermeiro SST | Profissional 60 | Prestação de Serviço em SST 102 | DESLOCAMENTO (NEGÓCIOS) | 1,0 | HSAux |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |

Fonte: elaborado pelo autor (2019)

O histórico de lançamentos é então consolidado e reorganizado de forma a permitir a visualização do comportamento mensal das componentes de tempo para cada profissional. Após isso será obtido o comportamento médio de cada grupo, agrupando os profissionais por cargo de SEESMT (tabela 6).

Tabela 6 - Exemplo de consolidação da média de horas aplicadas por cargo e componente de tempo

| Consolidado por cargo | Tipo (horas) | Mês 01 | Mês 02 | Mês 03 | .... | Mês n | Média | Mín | Máx |
|----------------------------------|-------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------|--------------|--------------|------------|------------|
| Engenheiro de SST | HS _{LIQ} | 118 | 124 | 182 | .... | 189 | 164 | 118 | 201 |
| | HS _{AUX} | 71 | 73 | 102 | .... | 120 | 107 | 71 | 150 |
| | H _{ADM} | 19 | 18 | 28 | .... | 39 | 28 | 18 | 39 |
| | TH | 207 | 215 | 312 | .... | 349 | 299 | 207 | 361 |
| Técnico de SST | HS _{LIQ} | 67 | 78 | 130 | .... | 146 | 116 | 67 | 147 |
| | HS _{AUX} | 98 | 81 | 124 | .... | 120 | 115 | 81 | 145 |
| | H _{ADM} | 33 | 43 | 38 | .... | 40 | 37 | 30 | 51 |
| | TH | 198 | 201 | 293 | .... | 306 | 269 | 198 | 318 |
| Enfermeiro de SST | HS _{LIQ} | 92 | 101 | 156 | .... | 168 | 140 | 92 | 174 |
| | HS _{AUX} | 84 | 77 | 113 | .... | 120 | 111 | 76 | 147 |
| | H _{ADM} | 26 | 30 | 33 | .... | 39 | 33 | 24 | 45 |
| | TH | 203 | 208 | 302 | .... | 327 | 284 | 203 | 340 |

O mesmo conceito pode ser aplicado agrupando-se todos os profissionais, tal como exemplificado na tabela 7.

Tabela 7 - Exemplo de consolidação da média de horas aplicadas por todo o quadro profissional

CONSOLIDADO PROFISSIONAS

| Tipo (horas) | Mês 01 | Mês 02 | Mês 03 | .... | Mês n | Média | Mín | Máx |
|-------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------|--------------|--------------|------------|------------|
| HS _{LIQ} | 105 | 112 | 169 | .... | 179 | 152 | 105 | 188 |
| HS _{AUX} | 77 | 75 | 107 | .... | 120 | 109 | 73 | 148 |
| H _{ADM} | 22 | 24 | 30 | .... | 39 | 30 | 21 | 42 |
| TH | 205 | 212 | 307 | .... | 338 | 292 | 205 | 350 |

As empresas de serviços costumam adotar diferentes políticas ou diretrizes operacionais que condicionam a capacidade disponível dos recursos. Alguns exemplos incluem a adoção ou não de horas extras, políticas diferenciadas para atendimentos noturnos ou em feriados e finais de semana, ou mesmo o emprego de carga horárias variáveis com o volume de demanda. Em conjunto às diretrizes operacionais da instituição, o levantamento do histórico de horas aplicadas subsidiará os tomadores de decisão responsáveis pelo planejamento da oferta de mão de obra, quanto a determinação do parâmetro HS_{LIQ} .

Consolidando-se as diretrizes e políticas operacionais com as informações

obtidas por meio da análise do histórico de horas aplicadas, sintetiza-se para fins de planejamento as componentes de tempo tal como no quadro 13.

Quadro 13 - Exemplo sobre a definição dos tempos operacionais para o planejamento da oferta de serviços

| Planejamento da distribuição de horas profissionais | Horas |
|--|--------------|
| CAPACIDADE DISPONÍVEL | TH |
| (--) OUTRAS ATIVIDADES (ADM) | H_{ADM} |
| CAPACIDADE APLICADA A PRODUTO | HS |
| → HORAS PRODUTO LÍQUIDAS | HS_{LIQ} |
| → HORAS PRODUTO AUXILIARES | HS_{AUX} |

Fonte: elaborado pelo autor (2019)

4.7 ETAPA 7: APLICAR MODELO PROPOSTO E AVALIAR RESULTADOS

As etapas 1 a 6 tiveram como propósito estabelecer como familiarizar-se com o problema da instituição, desenvolver e conceituar a formulação matemática para sua solução e descrever como obter as informações e estruturá-las a fim de aplicar o modelo proposto. A etapa 7 por sua vez descreve como obter a solução baseada em duas heurísticas elaboradas especialmente para o presente estudo aplicado.

Em problemas de otimização muito extensos, isso é, cujos conjuntos I , J , K são muito numerosos, a solução do problema pode tornar-se muito difícil. Nesses casos, frequentemente é possível reduzir a complexidade do problema através da racionalização dos grupos I , J , K . Dessa forma as subetapas 7.1 e 7.2 deverão ser utilizadas em situações semelhantes e por isso são opcionais. Elas demonstram como reduzir a complexidade original do problema em um nível razoável de complexidade adaptada.

4.7.1 Subetapa 7.1: Racionalizar conjuntos I, J, K

A racionalização dos conjuntos I , J e K consiste das seguintes ações:

- a) Avaliar conjuntos de Proficiências (K) Ofertadas x Demandadas;
 - I. Proficiências ofertadas sem demanda: extrair elementos k do problema de otimização;
 - II. Proficiências demandadas sem oferta por profissional próprio: extrair

elementos k do problema de otimização;

- III. Proficiências demandadas uma única vez, com baixíssima demanda (em horas profissionais) e/ou sem perspectiva de nova demanda: extrair elementos k do problema de otimização;

Em um primeiro momento, serão desconsiderados do problema de otimização. Posteriormente essa informação poderá subsidiar a contratação de novos profissionais próprios ou mesmo capacitar o quadro de profissionais existente em novas proficiências.

b) Avaliar conjunto de Profissionais (I)

- I. A partir da avaliação do conjunto K na subseção anterior (elementos k extraídos), identificar possíveis profissionais sem nenhuma proficiência aplicável à demanda, ou se possui somente uma ou poucas proficiências com demanda insignificante: dessa forma extraindo elementos i do problema de otimização;

4.7.2 Subetapa 7.2: Segmentar modelo geral por meio da identificação de grupos heterogêneos P_Z

Esta subetapa têm por objetivo a segmentação do problema em múltiplos problemas menores. Isso será possível por meio do emprego do conceito de grupos heterogêneos P_Z . Um grupo heterogêneo P_Z consiste em uma parcela do quadro geral de profissionais, dotados de uma ou mais proficiências comuns entre si e nenhuma em comum com os demais elementos de fora do grupo. O Quadro 14 demonstra um exemplo com uma matriz proficiência do tipo: $m = 10$, $o = 6$.

Quadro 14 - Exemplo de divisão da matriz P em 2 grupos heterogêneos

| $P_{10 \times 06}$ | Proficiência 01 | Proficiência 02 | Proficiência 03 | Proficiência 04 | Proficiência 05 | Proficiência 06 |
|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Profissional 01 | 1 | 1 | | | | |
| Profissional 02 | 1 | 1 | | | | |
| Profissional 03 | 1 | 1 | | | | |
| Profissional 04 | 1 | 1 | | | | |
| Profissional 05 | 1 | 1 | | | | |
| Profissional 06 | | | 1 | | | |
| Profissional 07 | | | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Profissional 08 | | | 1 | 1 | | 1 |
| Profissional 09 | | | 1 | | 1 | 1 |
| Profissional 10 | | | 1 | 1 | | |

Fonte: elaborado pelo autor (2019)

Neste exemplo, percebe-se uma clara divisão dos profissionais em dois grupos heterogêneos. Assim, no que tange a oferta em horas profissionais por proficiência segundo a alocação profissional, nenhuma alocação de profissional de um determinado grupo irá interferir no montante de horas ofertadas em outro grupo heterogêneo. Assim, supondo que o problema original do exemplo demonstrado no quadro 14 possui: $m=10$ (profissionais), $n=8$ (regiões), $o=6$ (proficiências), ter-se-ia a subdivisão do problema conforme representado no quadro 15:

Quadro 15 - Exemplo: segmentação do problema em grupos heterogêneos

| Problema Original | → | Problema Segmentado |
|----------------------|---|---------------------------------------|
| $P_{10 \times 06}$ | → | $P_{05 \times 02} + P_{05 \times 04}$ |
| $A_{10 \times 08}$ | → | $A_{05 \times 08} + A_{05 \times 08}$ |
| $B_{10 \times 06}$ | → | $B_{05 \times 02} + B_{05 \times 04}$ |
| $D_{08 \times 06}$ | → | $D_{08 \times 02} + D_{08 \times 04}$ |
| $O_{08 \times 06}$ | → | $O_{08 \times 02} + O_{08 \times 04}$ |
| $N_{08 \times 06}$ | → | $N_{08 \times 02} + N_{08 \times 04}$ |

Fonte: elaborado pelo autor (2019)

4.7.3 Subetapa 7.3: Aplicar heurística

A resolução do problema por meio da heurística proposta neste trabalho requer conceitos complementares aos apresentados na seção 4.2. Assim, seja i um determinado profissional tal que:

$$Sd_{(i)} = HS_{LIQ} - \sum_{k=1}^o \sum_{j=1}^n b_{ikj} \cdot p_{ik} \quad , \quad \forall i \quad (28)$$

Onde $Sd(i)$ é o saldo de horas possíveis de alocação do recurso i .

Seja Y uma matriz de dimensões equivalentes a S , tal que:

$$Y \rightarrow [y_{ij}]_{m \times n} \quad , \quad y_{ij} = c_{ij} - Sd_{(i)} \quad , \quad y_{ij} \in \mathbb{R} \quad \forall i, j$$

A matriz auxiliar de alocação (Y) possui dimensões iguais a S e diferentemente das demais aceita valores negativos. Por meio de Y , define-se Y^+ contendo os mesmos termos de Y em que $y_{ij} \geq 0$. Todos os demais termos serão nulos. Assim:

$$Y^+ \rightarrow [y_{ij}^+]_{m \times n} \quad , \quad \text{tal que se } y_{ij} \begin{cases} \geq 0, & y_{ij}^+ = y_{ij} \\ < 0, & y_{ij}^+ = 0 \end{cases} \quad y_{ij}^+ \in \mathbb{R}_+ \quad \forall i, j$$

Define-se:

$$\mathbf{m}(y_{ij}^+) \rightarrow \text{menor valor } y_{ij}^+ \quad , \quad c_{ij} > 0 \quad (29)$$

$$\mathbf{M}(s_{(i)}) \rightarrow \text{Maior valor } s_{(i)} \quad , \quad s_{(i)} > 0 \quad (30)$$

$$\mathbf{M}(c_{ij}) \rightarrow \text{Maior valor } c_{ij} \quad , \quad s_{(i)} > 0 \quad (31)$$

$$\mathbf{m}(w_{(k)}) \rightarrow \text{menor valor } w_{(k)} \quad , \quad w_{(k)} > 0 \quad (32)$$

$$\mathbf{M}(w_{(k)}) \rightarrow \text{Maior valor } w_{(k)} \quad , \quad w_{(k)} > 0 \quad (33)$$

A aplicação da heurística possui como premissa que inicialmente nenhum

recurso i ainda foi alocado. Logo: todos os termos de O são nulos; $N = D$; e todos os termos de \vec{A} são nulos. Da mesma forma duas propostas de heurísticas serão apresentadas.

4.7.3.1 Método de alocação por Maior Potencial de Atendimento (MPA)

O método de alocação por maior potencial de atendimento pleno caracteriza-se por priorizar a alocação profissional X região com maior potencial de atendimento, ou seja, maiores $s_{(i)}$, c_{ij} e c_{ikj} . Sua operacionalização é mais simples se comparada ao método de menor potencial de atendimento.

Início do procedimento (MPA):

1. Avaliar se a matriz S contém valor $c_{ij} > 0$:
 Sim: há $c_{ij} > 0 \rightarrow$ proceder para etapa 2
 Não há $c_{ij} > 0 \rightarrow$ fim do procedimento.
2. Identificar o termo $M(s_{(i)})$. Após identificar o correspondente termo $M(c_{ij})$. Define-se assim o profissional e a região para a distribuição de horas. Proceder para a etapa 3.
3. Definidos profissional e região, com base em C , distribuir saldo de horas do profissional ($Sd_{(i)}$) nas variáveis b_{ikj} cujos termos c_{ikj} equivalentes se dispõe de forma decrescente, ou:

$$M(c_{ikj}) \rightarrow m(c_{ikj}) ,$$

Após a distribuição de horas do profissional, $Sd_{(i)} > 0$?

$S_{(i)} = 0 \rightarrow$ proceder para a etapa 4

$S_{(i)} > 0 \rightarrow$ proceder para a etapa 5

4. Atribuir $\vec{a}_i = 1$. Retornar para a etapa 1.
5. Para o mesmo profissional, avaliar se a Matriz S ainda contém valor $c_{ij} > 0$:
 Não há $c_{ij} > 0 \rightarrow$ proceder para a etapa 4.
 Sim: há $c_{ij} > 0 \rightarrow$ com base no mesmo profissional, retornar para etapa 2.

4.7.3.2 Método de alocação por Menor Potencial de Atendimento (mPA)

Este método caracteriza-se por priorizar a alocação profissional x região com menor potencial de atendimento, ainda que igual ou maior ao saldo de horas disponíveis do profissional, ou $m(y_{ij}^+)$. Sua operacionalização possui maior complexidade se comparada ao método do maior potencial de atendimento.

Início do procedimento (mPA):

1. Avaliar se a Matriz S contém valor $c_{ij} > 0$:
 Sim: há $c_{ij} > 0 \rightarrow$ proceder para etapa 2
 Não há $c_{ij} > 0 \rightarrow$ fim do procedimento.
2. Avaliar se a Matriz Y^+ contém valor $y_{ij}^+ \geq 0$, em que $c_{ij} > 0$:
 Sim: há $y_{ij}^+ \geq 0$, $c_{ij} > 0 \rightarrow$ proceder para etapa 3.
 Não há $y_{ij}^+ \geq 0$, $c_{ij} > 0 \rightarrow$ proceder para etapa 4.
3. Identificar o termo $m(y_{ij}^+)$: define-se assim o profissional e a região para a distribuição de horas. Proceder para a etapa 5.
4. Identificar o termo $M(s_{(i)})$. Após identificar o correspondente termo $M(c_{ij})$. Define-se assim o profissional e a região para a distribuição de horas. Proceder para a etapa 5.
5. Definidos profissional e região, com base em C, distribuir saldo de horas do profissional ($Sd_{(i)}$) nas variáveis b_{ikj} cujos termos $w_{(k)}$ equivalentes se dispõe de forma crescente, ou:

$$m(w_{(k)}) \rightarrow M(w_{(k)}) ,$$

Após a distribuição de horas do profissional, $Sd_{(i)} > 0$?

$S_{(i)} = 0 \rightarrow$ proceder para a etapa 6

$S_{(i)} > 0 \rightarrow$ proceder para a etapa 7

6. Atribuir $\tilde{\alpha}_i = 1$. Retornar para a etapa 1.
7. Para o mesmo profissional, avaliar se a matriz S ainda contém valor $c_{ij} > 0$:
 Não há $c_{ij} > 0 \rightarrow$ proceder para a etapa 6.
 Sim: há $c_{ij} > 0 \rightarrow$ com base no mesmo profissional, retornar para etapa 2.

4.8 ETAPA 8: AVALIAR RESULTADOS

Os resultados obtidos com a aplicação do modelo são avaliados segundo os seguintes indicadores:

$$\% \text{ Atendimento} = \frac{\text{Total Horas atendidas}}{\text{Total Horas demandadas}} \quad (34)$$

$$\% \text{ Mobilidade} = \frac{\text{Total Horas mobilidade}}{\text{Total Horas atendidas}} \quad (35)$$

Considerando-se o total de horas alocadas por todos os profissionais, a equação 34 avalia o percentual de horas demandadas efetivamente atendidas segundo o emprego do modelo. Já a equação 35 avalia o percentual de horas atendidas por mobilidade.

5 ESTUDO APLICADO

Para a validação do modelo proposto, realizou-se um estudo aplicado deste com o intuito de evidenciar sua utilidade e eficiência. Assim, nesta seção serão reproduzidas as etapas metodológicas sobre a aplicação do problema da alocação em uma empresa prestadora de serviços. Por fim os resultados serão avaliados e comentados.

5.1 ETAPA 1: DEFINIR PROBLEMA (ESCOPO E OBJETIVOS)

O estudo aplicado foi realizado em uma empresa prestadora de serviços para a indústria. Ela atua nos segmentos de segurança e saúde do trabalho, bem como na educação básica e profissional. Embora presente em todo o território nacional, o estudo terá como foco as atuações no estado do Rio Grande do Sul. Com expertise em normas regulamentadoras, a organização presta serviços que contemplam desde a elaboração de laudos técnicos e consultoria em programas legais, tais como o programa de prevenção de riscos ambientais (PPRA), o programa de controle médico de saúde ocupacional (PCMSO), dentre outros, até a realização de treinamentos sobre a prática em segurança de atividades laborais: os treinamentos em NRs (BRASIL, Portaria n.º 3.214/78).

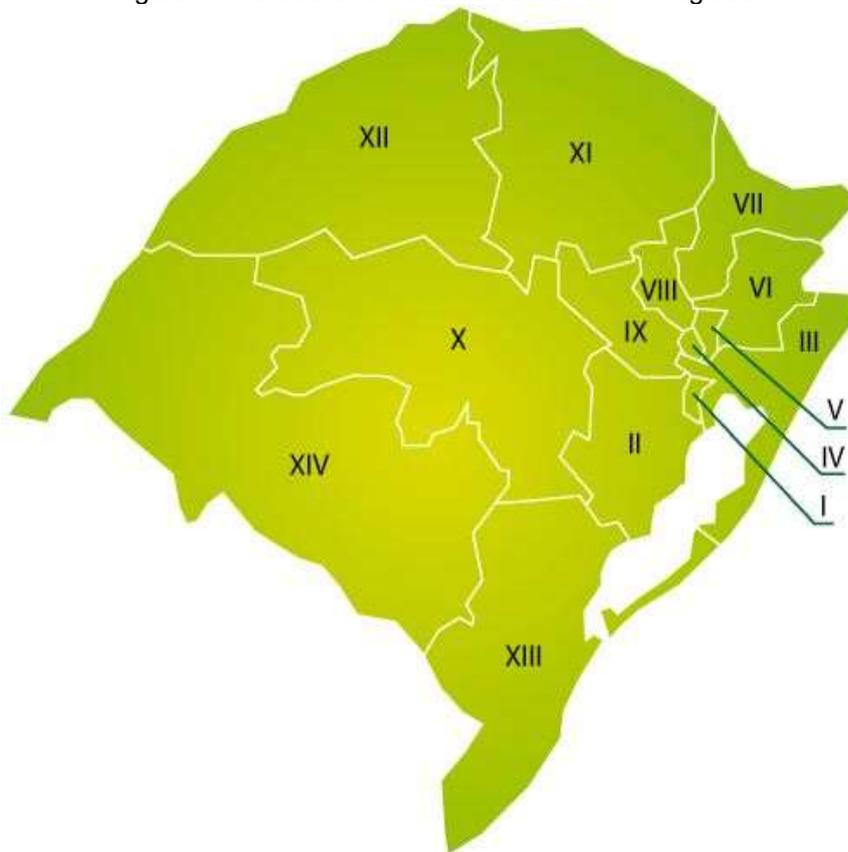
Avaliando-se os resultados operacionais da empresa, identifica-se como um ponto de atenção o baixo nível de recuperação de recursos, isso é, a relação entre receitas totais e custos totais. Em grande parte das empresas (em especial no setor de serviços), a maior parcela de custos atribui-se à mão de obra. Observando-se o desempenho dos custos da empresa, percebe-se que a mão de obra direta, historicamente representa entre 80 e 90 por cento dos custos totais, aproximadamente. Comprovando-se a alta representatividade do custo com a mão de obra direta e retomando-se as considerações com o baixo nível de recuperação de capital, vem à tona o questionamento: qual o atual nível de utilização da mão de obra? Isso é, dada a carga horária profissional, qual o montante está efetivamente dedicado às horas de serviço líquidas (geradoras de receita)? Tal questionamento induz a necessidade de compreensão do funcionamento das operações.

Com importante histórico de atuação nos demais serviços de seu portfólio, a prestação de serviços de treinamentos em NRs pela empresa iniciou em 2017.

Originalmente, havia a expectativa de que o negócio não representaria aumento significativo em termos de demanda por estrutura operacional. Com isso a estratégia inicial foi alocar um pequeno grupo de profissionais centralizado em uma única unidade operacional que deveria atender a todo o estado por meio de mobilidade. Porém rapidamente houve uma expansão de demanda em todo o estado do Rio Grande do Sul de modo que este serviço se tornou um dentre os mais estratégicos para a instituição.

A empresa organiza suas operações dividindo o estado em 14 regiões (figura 3). Cada Região é composta por uma ou mais Unidades Operacionais. A cada Unidade é atribuída uma jurisdição sobre o conjunto de cidades próximas. Assim, o atendimento às indústrias pertencentes a essas cidades é de responsabilidade da respectiva Unidade. A Unidade responsável pela região onde se situa a empresa cliente é chamada de Unidade Gestora. Quando alguma Unidade não dispõe de profissional para o atendimento a alguma demanda, pode-se solicitar atendimento por uma Unidade de outra região. Quando o atendimento é, portanto, realizado por outra Unidade (que não a Gestora), a essa se atribui o nome de Unidade Executora.

Figura 3 - Política de divisão do estado em 14 regiões



Fonte: dados da empresa (2018)

A demanda por treinamentos em NRs ocorre tanto na forma de cursos abertos (realizados nas próprias Unidades), como cursos fechados ou *In Company* (realizados nas dependências das empresas clientes). Enquanto uma parte significativa de outros serviços da empresa são realizados frequentemente nas instalações das Unidades Operacionais, as demandas por Treinamentos em NRs ocorrem majoritariamente nas empresas clientes. Esse é um aspecto de alta relevância, inclusive como motivador para o desenvolvimento desse trabalho: uma vez que as demandas são regionalmente mais distribuídas, o desafio de aumentar o nível da utilização da mão de obra cresce.

Conforme mencionado anteriormente, ocorrem casos em que uma demanda por serviços ocorre em uma determinada região (de responsabilidade da respectiva Unidade Gestora), porém não há agenda disponível dentre os profissionais dessa região (ou mesmo não há profissionais com expertise para o atendimento a essa demanda específica na região). Nesses casos recorre-se ao processo de atendimento por Mobilidade.

O atendimento por mobilidade consiste em consultar a agenda e convocar profissionais de outra região para o atendimento à demanda. Essa consulta prioriza convocar profissionais próprios da organização para realizar o atendimento. Não sendo possível mesmo assim o atendimento por profissional próprio de outra região, recorre-se a consulta pela possibilidade de atendimento por um credenciado (terceiro prestador de serviços à organização). Dessa forma o atendimento à demanda por Treinamentos em NRs se dá através de um sistema de priorização quanto a utilização de recursos humanos, conforme segue:

- a) Atender à demanda com profissional da mesma região; caso não factível:
- b) Solicitar atendimento por mobilidade com profissional próprio; caso também não seja factível:
- c) Solicitar atendimento com credenciado;

Ao observar-se o histórico do comportamento das solicitações de atendimento por mobilidade (figura 4), em 2018 ocorreu um aumento de 527% se comparado ao ano anterior. Da mesma forma o primeiro trimestre do ano de 2019 já superou em 78% o ano de 2017.

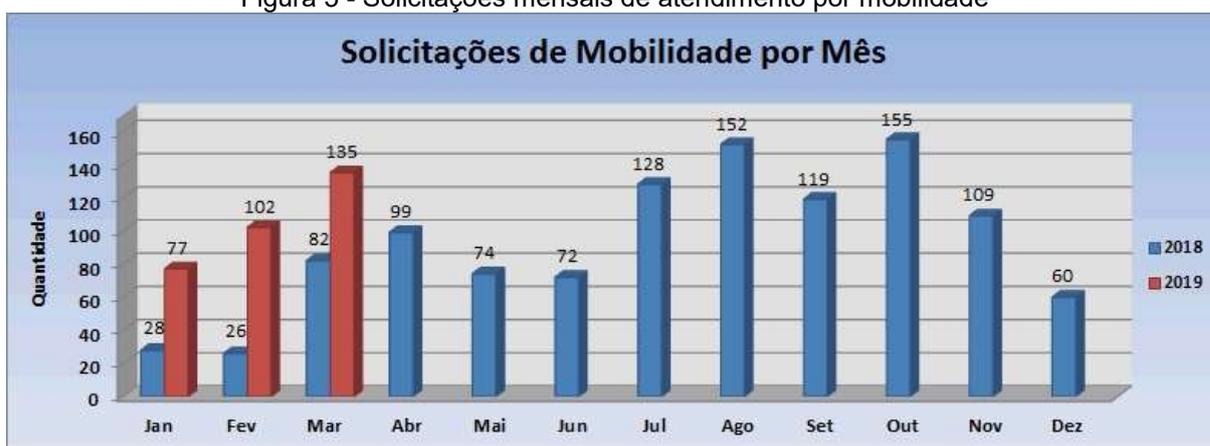
Figura 4 - Solicitações anuais de atendimento por mobilidade



Fonte: documentos da empresa (2019)

A figura 5 demonstra o comparativo mensal das solicitações de atendimento por mobilidade decorrentes no atual ano de 2019 e o ano de 2018. Percebe-se que o volume de solicitações vem crescendo continua e significativamente com os meses. Também percebe-se que em 2019 o volume de solicitações referente aos meses de janeiro e fevereiro já superaram o volume anual de 2017 (176 solicitações), enquanto em 2018 essa marca foi superada no mês de abril.

Figura 5 - Solicitações mensais de atendimento por mobilidade



Fonte: documentos da empresa (2019)

A capacidade de atendimento à demanda em uma determinada região é fortemente dependente do conjunto de proficiências possuídas pelos profissionais pertencentes a essa região, sobretudo dos treinamentos em NRs, visto que esses representam aproximadamente 95% dos pedidos de atendimento por mobilidade. De modo que a quantidade de empresas atendidas é um importante indicador de

desempenho estratégico da organização, tradicionalmente o amplo atendimento por mobilidade é percebido como um diferencial competitivo e não uma oportunidade para revisitar a estratégia de operações. Assim, os atendimentos por mobilidade passam a representar uma parceria entre as unidades de diferentes regiões. Porém, tal como exposto na seção 4.2, infere-se que uma elevada dedicação às horas de serviços auxiliares (tais como aos deslocamentos resultantes dos atendimentos por mobilidade) compromete o desempenho operacional. Sendo o serviço de treinamentos em NRs o responsável por quase a totalidade dos atendimentos por mobilidade, além de ser um dos mais representativos no desempenho global do negócio, o estudo é focado nesse serviço. Além disso a otimização da alocação de recursos para o atendimento dos serviços de treinamentos em NRs indiretamente também beneficiará os demais serviços: agendas profissionais bloqueadas para o atendimento a um serviço impedem o atendimento a outros serviços.

A organização possui como estratégia que cada unidade operacional possua autonomia sobre a contratação e a gestão do seu quadro de profissionais, decidindo localmente sobre a divisão das atribuições e serviços prestados por esses em sua região. Além disso, o desempenho global das unidades demonstra que o perfil de atendimento dos profissionais é generalista: poucos trabalhadores com perfil de proficiências adequado são designados especificamente para o atendimento especializado a uma mesma família de serviços. Não é incomum que um profissional que possua certa competência exclusiva, seja alocado (e sua agenda bloqueada) para o atendimento a uma demanda comum, que poderia ser atendida por outro profissional, resultando em uma solicitação de atendimento por mobilidade quando há profissional na região que poderia atendê-la.

Considerando a família de serviços (do portfólio atual) com a maior representatividade nos negócios de segurança e saúde do trabalho (Treinamentos em NRs), as estratégias locais para o atendimento à demanda (planejamento descentralizado) e as regiões com alto índice de solicitações de atendimento por mobilidade, induzem alguns questionamentos. (i) A quantidade atual de profissionais dedicados ao serviço está adequada? (ii) Sua oferta (profissionais) por região está adequada ao comportamento da demanda? (iii) Existem demandas (significativas) por serviços sem mesmo a oferta de profissionais próprios? Tais questionamentos desafiam a uma avaliação contextual e integrada (em todo o estado) do comportamento entre oferta e demanda relacionados às proficiências por serviços

normativos.

Em síntese, o estudo aplicado deve considerar as seguintes premissas:

- a) O planejamento do atendimento à demanda deve ser integrado: considerar todas as regiões buscando a melhoria de desempenho coletivo;
- b) Identificar cenários que possibilitem com o mesmo quadro de funcionários ampliar o atendimento local, reduzindo assim a necessidade de atendimentos por mobilidade.
- c) O estudo também deve propor quantos profissionais serão direcionados para o atendimento exclusivo ou parcial aos treinamentos em NRs.

Assim, além dos questionamentos já realizados, o estudo também deve responder: considerando o comportamento geral entre oferta e demanda por treinamentos em NRs e buscando-se a otimização de HSLIQ, (iv) quantos trabalhadores exclusivos seriam necessários para o atendimento? (v) Qual o melhor índice de mobilidade com esse grupo? (vi) Partindo-se da região de origem de cada profissional, é possível otimizar o atendimento? Se sim: (vii) quantos trabalhadores seriam necessários? (viii) qual o melhor índice de mobilidade com esse grupo? Por fim, (ix) em cada cenário, quantos profissionais poderiam absorver 100% do atendimento em uma única região? (x) E considerando até um máximo de duas regiões atendidas?

5.2 ETAPA 2 – REALIZAR FORMULAÇÃO MATEMÁTICA DO PROBLEMA

O levantamento realizado (*) demonstrou que há um total de 35 profissionais de SEESMT atendendo um total de 57 proficiências em treinamentos de NRs. A empresa atua em 14 regiões distribuídas pelo estado do Rio Grande do Sul (conforme apresentado na seção anterior). Além disso estima-se que o total de horas líquidas destinadas a prestação de serviços (por profissional) seja de 110,6 horas.

Assim:

$m = 35$ Recursos (profissionais);

$n = 14$ Regiões

$o = 57$ Proficiências (ou competências);

$HS_{LIQ} = 110,6$ horas

Logo,

$$\begin{aligned}
D &\rightarrow [d_{jk}]_{14 \times 57}, && \text{Matriz Demanda,} && d_{jk} \in \mathbb{R}_+ \quad \forall j, k \\
O &\rightarrow [o_{jk}]_{14 \times 57}, && \text{Matriz Oferta,} && o_{jk} \in \mathbb{R}_+ \quad \forall j, k \\
N &\rightarrow [n_{jk}]_{14 \times 57}, && \text{Matriz Horas Não Atendidas,} && n_{jk} \in \mathbb{R}_+ \quad \forall j, k \\
A &\rightarrow [a_{ij}]_{35 \times 14}, && \text{Matriz Alocação,} && a_{ij} \in \{0, 1\} \quad \forall i, j \\
P &\rightarrow [p_{ik}]_{35 \times 57}, && \text{Matriz Proficiências,} && p_{ik} \in \{0, 1\} \quad \forall i, k \\
\tilde{B}_j &\rightarrow [b_{ikj}]_{35 \times 57 \times (j)}, && \text{Matriz Atendimento,} && b_{ikj} \in \mathbb{R}_+ \quad \forall i, k, j \\
\bar{B} &\rightarrow [b_{ij}]_{35 \times 57}, && \text{Matriz Atendimento Total por Região,} && b_{ij} \in \mathbb{R}_+ \quad \forall i, j \\
C &\rightarrow [c_{ikj}]_{(490) \times 57}, && \text{Matriz Potencial Atendimento,} && c_{ikj} \in \mathbb{R}_+ \quad \forall i, k, j \\
S &\rightarrow [c_{ij}]_{35 \times 14}, && \text{Matriz Potencial Agregado,} && c_{ij} \in \mathbb{R}_+ \quad \forall i, j \\
\vec{A} &\rightarrow [\vec{a}_i]_{35}, && \text{Vetor Alocação,} && \vec{a}_i \in \{0, 1\} \quad \forall i
\end{aligned}$$

As etapas subsequentes demonstram como os valores acima são obtidos.

5.3 ETAPA 3 – REALIZAR MAPEAMENTO ESTRUTURADO DO PORTFÓLIO

Esta seção permite familiarizar-se com o portfólio de treinamentos em NRs da empresa, seguido da identificação de parâmetros que evidenciam diferenças técnicas entre cada serviço, aplicando o SCP e por fim obtendo o conjunto K.

5.3.1 Subetapa 3.1: Relacionar portfólio

O portfólio de serviços de treinamentos em normas regulamentadoras possui um total 273 cursos cadastrados no banco de dados. O quadro 16 apresenta uma amostra com 14 dos 273 cursos.

Quadro 16 - Amostra com 14 dos 273 cursos do portfólio

| CÓDIGO | NOME/DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS PRESTADOS (TREINAMENTOS EM NRs) |
|---------------|--|
| 9010241 | NR05 - COMISSÃO INTERNA DE PREVENÇÃO DE ACIDENTES - 20H |
| 9010004 | NR06 - EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL - 4H |
| 9010005 | NR10 - BÁSICO SEG. SERVIÇOS EM ELETRICIDADE - 40H |
| 9010006 | NR10 - COMPLEMENTAR SEP - 40H |
| 9010024 | NR11 - EMPILHADEIRA FRONTAL A CONTRAPESO - 16H |
| 9010274 | NR12 - BÁSICO SEG. ATIVIDADES MANUTENÇÃO MÁQUINAS E EQUIP. - 8H |
| 9010220 | NR13 - SEGURANÇA NA OPERAÇÃO DE UNIDADE DE PROCESSO - 64H |
| 9010160 | NR13 - RECICLAGEM OPERAÇÃO DE UNIDADE DE PROCESSO - 8H |
| 9010165 | NR17 - COERGO - 16H |
| 9010170 | NR18 - PLATAFORMA DE TRABALHO AÉREO - PTA - 16H |
| 9010176 | NR20 - AVANÇADO II - 32H |
| 9010190 | NR23 - NBR 14276 - AVANÇADO C/ PARTE COMPLEMENTAR - 45H |
| 9010195 | NR33 - SUPERVISOR DE TRABALHO EM ESPAÇO CONFINADO - 40H |
| 9010198 | NR35 - TRABALHO EM ALTURA - 8H |
| | |

Fonte: adaptado de dados da empresa (2019)

O mapeamento também demonstrou que do total de 273 cursos cadastrados, 188 são de formação e 85 de reciclagem. Também percebe-se que do total, 171 correspondem a cursos padronizados e os demais 102 são cursos customizados para o atendimento a clientes específicos. Isso demonstra que há uma grande demanda por cursos customizados (tabela 8).

Tabela 8 - Quantidade de cursos cadastrados no portfólio da empresa
Quantidade de cadastros

| | Cursos de formação | Cursos de reciclagem | Total |
|------------------------|-----------------------|-------------------------|------------|
| Cursos padronizados | 123 | 48 | 171 |
| Cursos customizados | 65 | 37 | 102 |
| Total | 188 | 85 | 273 |

5.3.2 Subetapa 3.2: Determinar parâmetros que diferenciam os elementos do portfólio entre si

A tabela 9 retoma o portfólio da subseção anterior com o detalhamento dos profissionais de SEESMT envolvidos e suas respectivas cargas horárias sobre os serviços.

Tabela 9 - Amostra do portfólio de treinamentos em NRs com o detalhamento dos profissionais de ST envolvidos e respectivas cargas horárias

| Código | Nome do Curso | Carga horária por curso | | | |
|---------|---|-------------------------|-----|-----|-------|
| | | Tec | Enf | Eng | Total |
| 9010241 | NR05 - COMISSÃO INTERNA DE PREVENÇÃO DE ACIDENTES - 20H | 20 | | | 20 |
| 9010004 | NR06 - EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL - 4H | 4 | | | 4 |
| 9010005 | NR10 - BÁSICO SEG. SERVIÇOS EM ELETRICIDADE - 40H | 8 | 8 | 24 | 40 |
| 9010006 | NR10 - COMPLEMENTAR SEP - 40H | | 8 | 32 | 40 |
| 9010024 | NR11 - EMPILHADEIRA FRONTAL A CONTRAPESO - 16H | 16 | | | 16 |
| 9010274 | NR12 - BÁSICO SEG. ATIVIDADES MANUTENÇÃO MÁQUINAS E EQUIP. - 8H | | | 8 | 8 |
| 9010220 | NR13 - SEGURANÇA NA OPERAÇÃO DE UNIDADE DE PROCESSO - 64H | | 8 | 56 | 64 |
| 9010160 | NR13 - RECICLAGEM OPERAÇÃO DE UNIDADE DE PROCESSO - 8H | | | 8 | 8 |
| 9010165 | NR17 - COERGO - 16H | 16 | | | 16 |
| 9010170 | NR18 - PLATAFORMA DE TRABALHO AÉREO - PTA - 16H | 16 | | | 16 |
| 9010176 | NR20 - AVANÇADO II - 32H | | | 32 | 32 |
| 9010190 | NR23 - NBR 14276 - AVANÇADO C/ PARTE COMPLEMENTAR - 45H | 45 | | | 45 |
| 9010195 | NR33 - SUPERVISOR DE TRABALHO EM ESPAÇO CONFINADO - 40H | 32 | 8 | | 40 |
| 9010198 | NR35 - TRABALHO EM ALTURA - 8H | 8 | | | 8 |

Fonte: adaptado de dados da empresa (2019)

Assim, consolidadas todas as informações técnicas acerca do portfólio, identifica-se que há três profissionais envolvidos com os treinamentos em NRs: o engenheiro de ST, o técnico de ST e o enfermeiro. Suas cargas horárias de aplicação sobre cada treinamento também são evidenciadas.

5.3.3 Subetapa 3.3: Caracterizar sistema de classificação de proficiências

O próximo passo é aplicar a codificação para agrupamento de competências. Um método possível e simples, porém, com uma quantidade de códigos distintos muito superior, seria criar um cadastro do tipo treinamento x profissional. Assim, para cada profissional haveria uma relação de cursos que o mesmo pode ministrar. Assumindo-se que há 273 cursos, haveria 273 códigos de proficiência do tipo NRX0X1.GY0Y1.Z. Lembrando que cada curso é atendido por até 3 profissionais de SEESMT diferentes (Z=A, B ou C), haveria uma grande amplitude de códigos de proficiência. O segundo método possível (que é o utilizado neste trabalho), visa avaliar similaridades entre os diversos treinamentos, buscando características comuns que permitam uma mesma proficiência atender múltiplos serviços. Essa otimização é fundamental para reduzir a quantidade de variáveis do problema e conseqüentemente a redução de tempo e capacidade computacional requeridos para a simulação do problema. A tabela 10 demonstra o comparativo entre os dois métodos.

Tabela 10 - Quantidade de proficiências requeridas para o portfólio em ambas abordagens

| Quantidade de proficiências segundo | | |
|--|------------------|------------------|
| Portfólio (273 cursos) | | |
| Qualificação | Abordagem | Abordagem |
| básica | ampla | otimizada |
| Engenheiro | 71 | 26 |
| Técnico | 235 | 49 |
| Enfermeiro | 31 | 9 |
| Total | 337 | 84 |

5.3.4 Subetapa 3.4: Aplicar ao portfólio o sistema de classificação de proficiências

Estendendo-se o SCP para todo o portfólio, tem-se um banco de dados tal como demonstrado no quadro 17.

Quadro 17 - Amostra do portfólio estruturado segundo o sistema de classificação proposto

| CÓDIGO | NOME DO CURSO | CARGA HORÁRIA POR CURSO | | | | PROFICIÊNCIA | | |
|---------|---|----------------------------|-----|-----|-------|--------------|------------|------------|
| | | TEC | ENF | ENG | TOTAL | TÉCNICO | ENFERMEIRO | ENGENHEIRO |
| 9010241 | NR05 - COMISSÃO INTERNA DE PREVENÇÃO DE ACIDENTES - 20H | 20 | | | 20 | NR05.G01.B | - | - |
| 9010004 | NR06 - EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL - 4H | 4 | | | 4 | NR06.G01.B | - | - |
| 9010006 | NR10 - COMPLEMENTAR SEP - 40H | | 8 | 32 | 40 | - | NR10.G02.C | NR10.G02.A |
| 9010024 | NR11 - EMPILHADEIRA FRONTAL A CONTRAPESO - 16H | 16 | | | 16 | NR11.G01.B | - | - |
| 9010274 | NR12 - BÁSICO SEG. ATIVIDADES MANUTENÇÃO MÁQUINAS E EQUIP. - 8H | | | 8 | 8 | NR12.G01.Z | - | NR12.G01.A |
| 9010220 | NR13 - SEGURANÇA NA OPERAÇÃO DE UNIDADE DE PROCESSO - 64H | | 8 | 56 | 64 | - | NR13.G02.C | NR13.G02.A |
| 9010160 | NR13 - RECICLAGEM OPERAÇÃO DE UNIDADE DE PROCESSO - 8H | | | 8 | 8 | - | - | NR13.G02.A |
| 9010165 | NR17 - COERGO - 16H | 16 | | | 16 | - | - | NR17.G03.A |
| 9010170 | NR18 - PLATAFORMA DE TRABALHO AÉREO - PTA - 16H | 16 | | | 16 | NR18.G04.B | - | - |
| 9010176 | NR20 - AVANÇADO II - 32H | | | 32 | 32 | - | - | NR20.G05.A |
| 9010190 | NR23 - NBR 14276 - AVANÇADO C/ PARTE COMPLEMENTAR - 45H | 45 | | | 45 | NR23.G04.B | - | - |
| 9010195 | NR33 - SUPERVISOR DE TRABALHO EM ESPAÇO CONFINADO - 40H | 32 | 8 | | 40 | NR33.G02.B | NR33.G02.C | - |
| 9010198 | NR35 - TRABALHO EM ALTURA - 8H | 8 | | | 8 | NR35.G01.B | - | - |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |

Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

5.4 ETAPA 4: REALIZAR MAPEAMENTO DO HISTÓRICO DE DEMANDA E ESTRUTURAR A MATRIZ DEMANDA

O histórico de demanda de treinamentos em NRs é levantado. Sobre ele são agregadas as informações técnicas correspondentes obtidas do portfólio estruturado. Por meio do histórico estruturado de demanda por serviços, obtém-se o histórico de demanda por proficiências (em horas). Por fim, os dados são reorganizados de forma a obter-se a matriz demanda (D).

5.4.1 Subetapa 4.1: Relacionar histórico de demanda

Em 2018 foram realizadas 2015 turmas sobre 171 cursos distintos em NRs. Deste total consegue-se estratificar a quantidade de treinamentos realizados como de formação e reciclagem, assim como de tipo padrão e customizado (tabelas 11 e 12)

Tabela 11 - Quantidade de turmas realizadas em 2018 e suas características

| | Cursos de formação | Cursos de reciclagem | Total |
|---------------------|--------------------|----------------------|-------|
| Cursos padronizados | 1.243 | 519 | 1.762 |
| Cursos customizados | 146 | 107 | 253 |
| Total | 1.389 | 626 | 2.015 |

Tabela 12 - Quantidade de cursos distintos realizados no ano de 2018

| | Cursos de formação | Cursos de reciclagem | Total |
|---------------------|--------------------|----------------------|-------|
| Cursos padronizados | 78 | 34 | 112 |
| Cursos customizados | 34 | 25 | 59 |
| Total | 112 | 59 | 171 |

O quadro 18 apresenta uma amostra deste levantamento contendo 18 das 2015 turmas, especificando regiões e os meses em que ocorreram.

Quadro 18 - Amostra da demanda atendida no ano de 2018 contendo 18 dentre as 2015 turmas realizadas

| ANO | MÊS | NOME DO CURSO | SIGLA TURMA | REGIÃO |
|------|-----|---|-------------|--------|
| 2018 | 2 | NR05 - COMISSÃO INTERNA DE PREVENÇÃO DE ACIDENTES - 20H | xx400 | 8 |
| 2018 | 2 | NR05 - COMISSÃO INTERNA DE PREVENÇÃO DE ACIDENTES - 20H | xx765 | 3 |
| 2018 | 2 | NR05 - COMISSÃO INTERNA DE PREVENÇÃO DE ACIDENTES - 20H | xx456 | 3 |
| ... | ... | ... | ... | ... |
| 2018 | 2 | NR10 - BÁSICO - 40H | xx623 | 4 |
| 2018 | 3 | NR10 - BÁSICO - 40H | xx376 | 9 |
| 2018 | 4 | NR10 - BÁSICO - 40H | xx879 | 7 |
| ... | ... | ... | ... | ... |
| 2018 | 5 | NR11 - PONTE ROLANTE - 16H | xx442 | 12 |
| 2018 | 5 | NR11 - PONTE ROLANTE - 16H | xx798 | 1 |
| 2018 | 6 | NR11 - PONTE ROLANTE - 16H | xx689 | 3 |
| ... | ... | ... | ... | ... |
| 2018 | 3 | NR13 - RECICLAGEM DE SEGURANÇA NA OPERAÇÃO DE CALDEIRA - 8H | xx003 | 9 |
| 2018 | 5 | NR13 - RECICLAGEM DE SEGURANÇA NA OPERAÇÃO DE CALDEIRA - 8H | xx987 | 4 |
| 2018 | 9 | NR13 - RECICLAGEM DE SEGURANÇA NA OPERAÇÃO DE CALDEIRA - 8H | xx341 | 3 |
| ... | ... | ... | ... | ... |
| 2018 | 5 | NR20 - INTERMEDIÁRIO - 16H | xx034 | 9 |
| 2018 | 5 | NR20 - INTERMEDIÁRIO - 16H | xx239 | 12 |
| 2018 | 6 | NR20 - INTERMEDIÁRIO - 16H | xx775 | 12 |
| ... | ... | ... | ... | ... |
| 2018 | 10 | NR23 - NBR 14276 - INTERMEDIÁRIO - BÁSICO - 20H | xx508 | 12 |
| 2018 | 11 | NR23 - NBR 14276 - INTERMEDIÁRIO - BÁSICO - 20H | xx216 | 1 |
| 2018 | 11 | NR23 - NBR 14276 - INTERMEDIÁRIO - BÁSICO - 20H | xx368 | 13 |

Fonte: adaptado dos dados da empresa

5.4.2 Subetapa 4.2: Aplicar ao histórico de demanda o sistema de classificação de proficiências

A partir do histórico de demanda obtido, formata-se o relatório agregando o mesmo padrão de classificação estabelecido (na seção anterior), para o portfólio (horas profissionais e respectivas proficiências requeridas), obtendo-se assim o histórico estruturado de demanda por treinamentos (quadro 19).

Quadro 19 - Amostra estruturada: histórico de demanda com 18 das 2015 turmas realizadas no ano de 2018

| ANO | MÊS | NOME DO CURSO | SIGLA TURMA | Unidade Operacional | REGIÃO | CARGA HORÁRIA TOTAL | | | | PROFICIÊNCIA | | |
|------|-----|---|-------------|-------------------------|--------|---------------------|-----|-----|-----|--------------|------------|------------|
| | | | | | | TEC | ENF | ENG | TOT | TEC | ENF | ENG |
| 2018 | 2 | NR05 - COMISSÃO INTERNA DE PREVENÇÃO DE ACIDENTES - 20H | xx400 | CAT14 - BENTO GONÇALVES | 8 | 20 | | | 20 | NR05.G01.B | - | - |
| 2018 | 2 | NR05 - COMISSÃO INTERNA DE PREVENÇÃO DE ACIDENTES - 20H | xx765 | CAT12 - CANOAS | 3 | 20 | | | 20 | NR05.G01.B | - | - |
| 2018 | 2 | NR05 - COMISSÃO INTERNA DE PREVENÇÃO DE ACIDENTES - 20H | xx456 | CAT12 - CANOAS | 3 | 20 | | | 20 | NR05.G01.B | - | - |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 2018 | 2 | NR10 - BÁSICO - 40H | xx623 | CAT04 - SÃO LEOPOLDO | 4 | 8 | 8 | 24 | 40 | NR10.G01.B | NR10.G01.C | NR10.G01.A |
| 2018 | 3 | NR10 - BÁSICO - 40H | xx376 | CAT06 - LAJEADO | 9 | 8 | 8 | 24 | 40 | NR10.G01.B | NR10.G01.C | NR10.G01.A |
| 2018 | 4 | NR10 - BÁSICO - 40H | xx879 | CAT08 - CAXIAS DO SUL | 7 | 8 | 8 | 24 | 40 | NR10.G01.B | NR10.G01.C | NR10.G01.A |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 2018 | 5 | NR11 - PONTE ROLANTE - 16H | xx442 | CAT25 - PANAMBI | 12 | 16 | 0 | 0 | 16 | NR11.G08.B | - | - |
| 2018 | 5 | NR11 - PONTE ROLANTE - 16H | xx798 | CAT01 - PORTO ALEGRE | 1 | 16 | 0 | 0 | 16 | NR11.G08.B | - | - |
| 2018 | 6 | NR11 - PONTE ROLANTE - 16H | xx689 | CAT12 - CANOAS | 3 | 16 | 0 | 0 | 16 | NR11.G08.B | - | - |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 2018 | 3 | NR13 - RECICLAGEM DE SEGURANÇA NA OPERAÇÃO DE CALDEIRA - 8H | xx003 | CAT06 - LAJEADO | 9 | 0 | 0 | 8 | 8 | - | - | NR13.G01.A |
| 2018 | 5 | NR13 - RECICLAGEM DE SEGURANÇA NA OPERAÇÃO DE CALDEIRA - 8H | xx987 | CAT04 - SÃO LEOPOLDO | 4 | 0 | 0 | 8 | 8 | - | - | NR13.G01.A |
| 2018 | 9 | NR13 - RECICLAGEM DE SEGURANÇA NA OPERAÇÃO DE CALDEIRA - 8H | xx341 | CAT12 - CANOAS | 3 | 0 | 0 | 8 | 8 | - | - | NR13.G01.A |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 2018 | 5 | NR20 - INTERMEDIÁRIO - 16H | xx034 | CAT22 - MONTENEGRO | 9 | 16 | 0 | 0 | 16 | NR20.G03.B | - | - |
| 2018 | 5 | NR20 - INTERMEDIÁRIO - 16H | xx239 | CAT11 - SANTA ROSA | 12 | 16 | 0 | 0 | 16 | NR20.G03.B | - | - |
| 2018 | 6 | NR20 - INTERMEDIÁRIO - 16H | xx775 | CAT25 - PANAMBI | 12 | 16 | 0 | 0 | 16 | NR20.G03.B | - | - |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 2018 | 10 | NR23 - NBR 14276 - INTERMEDIÁRIO - BÁSICO - 20H | xx508 | CAT25 - PANAMBI | 12 | 8 | 12 | 0 | 20 | NR23.G03.B | NR23.G03.C | - |
| 2018 | 11 | NR23 - NBR 14276 - INTERMEDIÁRIO - BÁSICO - 20H | xx216 | CAT01 - PORTO ALEGRE | 1 | 8 | 12 | 0 | 20 | NR23.G03.B | NR23.G03.C | - |
| 2018 | 11 | NR23 - NBR 14276 - INTERMEDIÁRIO - BÁSICO - 20H | xx368 | CAT02 - RIO GRANDE | 13 | 8 | 12 | 0 | 20 | NR23.G03.B | NR23.G03.C | - |

Fonte: adaptado de dados da empresa

5.4.3 Subetapa 4.3: Estratificar histórico de demanda por proficiência e formatar matriz demanda

Conforme demonstrado na seção 4.4.3, o histórico de demanda estruturado possibilita estratificar as informações sobre a demanda por proficiência profissional. Os dados obtidos são demonstrados na tabela 13. Em seguida a matriz D resultante é apresentada na tabela 14.

Tabela 13 - Demanda mensal em horas x proficiência: amostra com 2 proficiências por região no período de janeiro a novembro de 2018

| Região | Proficiência | Jan | Fev | Mar | Abr | Mai | Jun | Jul | Ago | Set | Out | Nov | Média | Total |
|--------|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-------|
| 1 | NR10.G01.A | 0 | 0 | 24 | 56 | 32 | 16 | 16 | 0 | 0 | 0 | 0 | 13,1 | 144 |
| 1 | NR35.G01.B | 0 | 0 | 8 | 32 | 24 | 40 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10,2 | 112 |
| 2 | NR05.G01.B | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 20 | 0 | 0 | 1,8 | 20 |
| 2 | NR11.G01.B | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,7 | 8 |
| 3 | NR05.G01.B | 20 | 120 | 120 | 100 | 60 | 60 | 160 | 140 | 180 | 140 | 40 | 103,6 | 1140 |
| 3 | NR10.G01.A | 16 | 64 | 40 | 16 | 64 | 88 | 8 | 40 | 28 | 40 | 40 | 40,4 | 444 |
| 4 | NR05.G01.B | 60 | 80 | 100 | 20 | 40 | 0 | 100 | 80 | 40 | 60 | 80 | 60,0 | 660 |
| 4 | NR10.G02.A | 0 | 32 | 64 | 40 | 0 | 96 | 120 | 32 | 0 | 64 | 0 | 40,7 | 448 |
| 5 | NR11.G01.B | 0 | 0 | 0 | 0 | 40 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3,6 | 40 |
| 5 | NR05.G01.B | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,8 | 20 |
| 6 | NR05.G01.B | 20 | 0 | 20 | 60 | 20 | 40 | 40 | 60 | 60 | 40 | 40 | 36,4 | 400 |
| 6 | NR11.G01.B | 0 | 0 | 60 | 20 | 20 | 40 | 20 | 40 | 20 | 20 | 0 | 21,8 | 240 |
| 7 | NR05.G01.B | 100 | 60 | 200 | 80 | 140 | 160 | 40 | 140 | 80 | 180 | 140 | 120,0 | 1320 |
| 7 | NR10.G01.A | 32 | 24 | 16 | 104 | 48 | 0 | 16 | 36 | 48 | 76 | 24 | 38,5 | 424 |
| 8 | NR05.G01.B | 0 | 60 | 20 | 0 | 80 | 20 | 40 | 100 | 40 | 60 | 60 | 43,6 | 480 |
| 8 | NR13.G02.A | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 44 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4,0 | 44 |
| 9 | NR05.G01.B | 0 | 0 | 140 | 80 | 60 | 60 | 40 | 40 | 80 | 60 | 140 | 63,6 | 700 |
| 9 | NR10.G01.A | 0 | 40 | 40 | 32 | 0 | 12 | 84 | 60 | 28 | 40 | 52 | 35,3 | 388 |
| 10 | NR05.G01.B | 20 | 0 | 20 | 20 | 20 | 0 | 60 | 20 | 20 | 160 | 80 | 38,2 | 420 |
| 10 | NR11.G01.B | 0 | 0 | 0 | 0 | 40 | 40 | 40 | 20 | 0 | 0 | 0 | 12,7 | 140 |
| 11 | NR05.G01.B | 40 | 80 | 60 | 100 | 100 | 120 | 160 | 100 | 120 | 40 | 80 | 90,9 | 1000 |
| 11 | NR13.G01.A | 0 | 0 | 40 | 0 | 40 | 0 | 40 | 72 | 0 | 8 | 88 | 26,2 | 288 |
| 12 | NR11.G08.B | 0 | 28 | 0 | 40 | 120 | 76 | 60 | 168 | 40 | 40 | 104 | 61,5 | 676 |
| 12 | NR05.G01.B | 40 | 20 | 100 | 100 | 20 | 20 | 20 | 20 | 40 | 80 | 80 | 49,1 | 540 |
| 13 | NR05.G01.B | 0 | 20 | 20 | 60 | 40 | 0 | 60 | 60 | 80 | 20 | 20 | 34,5 | 380 |
| 13 | NR33.G01.B | 16 | 8 | 152 | 0 | 8 | 0 | 8 | 8 | 28 | 40 | 0 | 24,4 | 268 |
| 14 | NR05.G01.B | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 20 | 20 | 0 | 0 | 3,6 | 40 |
| 14 | NR11.G20.B | 0 | 0 | 24 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2,2 | 24 |

Tabela 14 - Amostra da matriz demanda (D) com os valores mensais médios em horas por região x proficiência

| Região | NR05 G01.B | NR06 G01.B | NR10 G01.A | NR10 G01.B | NR10 G01.C | NR10 G02.A | NR10 G02.C | ... | NR33 G01.B | NR33 G01.C | NR33 G02.B | NR33 G02.C | NR34 G01.B | NR35 G01.B | Total |
|--------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-----|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------|
| 1 | 7,3 | 1,1 | 0,9 | 2,2 | 2,2 | 0,0 | 2,2 | ... | 1,8 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 10,2 | 40,8 |
| 2 | 1,8 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | ... | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 3,3 |
| 3 | 103,6 | 0,0 | 40,4 | 4,4 | 4,7 | 11,6 | 1,5 | ... | 32,0 | 2,9 | 18,9 | 2,2 | 0,0 | 35,6 | 379,8 |
| 4 | 60,0 | 0,4 | 32,7 | 8,0 | 8,0 | 40,7 | 8,0 | ... | 1,1 | 0,4 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 16,7 | 244,8 |
| 5 | 1,8 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | ... | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 1,8 |
| 6 | 36,4 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | ... | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 3,6 | 65,5 |
| 7 | 120,0 | 0,0 | 38,5 | 6,5 | 8,0 | 9,5 | 2,2 | ... | 6,9 | 0,4 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 27,7 | 277,9 |
| 8 | 43,6 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | ... | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 3,6 | 58,5 |
| 9 | 63,6 | 2,5 | 35,3 | 6,5 | 8,4 | 9,5 | 1,5 | ... | 14,9 | 2,5 | 0,0 | 0,7 | 0,0 | 21,8 | 312,6 |
| 10 | 38,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | ... | 7,6 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 10,9 | 76,2 |
| 11 | 90,9 | 0,0 | 0,0 | 0,7 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | ... | 4,4 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 13,1 | 188,3 |
| 12 | 49,1 | 0,0 | 47,6 | 8,0 | 9,8 | 36,7 | 8,4 | ... | 12,4 | 1,5 | 15,3 | 2,9 | 1,5 | 32,0 | 468,1 |
| 13 | 34,5 | 0,0 | 12,4 | 2,9 | 2,9 | 16,0 | 3,6 | ... | 24,4 | 3,3 | 12,4 | 2,9 | 1,5 | 14,5 | 149,5 |
| 14 | 3,6 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | ... | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 3,6 |
| TOTAL | 654,5 | 4,0 | 207,8 | 39,3 | 44,0 | 124,0 | 27,3 | | 105,5 | 10,9 | 46,5 | 8,7 | 2,9 | 189,9 | 2.270,7 |

5.5 ETAPA 5: REALIZAR LEVANTAMENTO DE PROFISSIONAIS VERSUS PROFICIÊNCIA E ESTRUTURAR MATRIZ PROFICIÊNCIA P

A coleta de dados de proficiências dos profissionais permitiu elaborar uma relação tal como a amostra demonstrada no quadro 20.

Quadro 20 - Amostra do banco de dados de proficiências por profissional

| Profissional | Proficiência |
|---------------------|---------------------|
| Profissional 1 | NR05.G01.B |
| Profissional 1 | NR06.G01.B |
| Profissional 1 | NR10.G01.B |
| ... | ... |
| Profissional 2 | NR05.G01.B |
| Profissional 2 | NR06.G01.B |
| Profissional 2 | NR10.G01.B |
| ... | ... |
| Profissional 26 | NR06.G01.B |
| Profissional 26 | NR12.G13.A |
| Profissional 26 | NR20.G01.B |
| ... | ... |
| Profissional 27 | NR06.G01.B |
| Profissional 27 | NR10.G01.A |
| Profissional 27 | NR10.G02.A |
| ... | ... |
| Profissional 28 | NR06.G01.B |
| Profissional 28 | NR10.G01.A |
| Profissional 28 | NR10.G02.A |
| ... | ... |
| Profissional 34 | NR10.G01.C |
| Profissional 34 | NR10.G02.C |
| Profissional 34 | NR13.G02.C |
| ... | ... |
| Profissional 35 | NR10.G01.C |
| Profissional 35 | NR10.G02.C |
| Profissional 35 | NR13.G02.C |
| ... | ... |

Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

A partir da relação obtida, estrutura-se a Matriz P (quadro 21)

Quadro 21 - Obtenção da matriz P (recursos x proficiências)

| Recurso | NR05 G01.B | NR06 G01.B | NR10 G01.A | NR10 G01.B | NR10 G01.C | ... | NR33 G01.C | NR33 G02.B | NR33 G02.C | NR34 G01.B | NR35 G01.B |
|-----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-----|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Profissional 01 | 1 | 1 | | 1 | | ... | | | | | 1 |
| Profissional 02 | 1 | 1 | | 1 | | ... | | 1 | | | 1 |
| Profissional 03 | 1 | 1 | | 1 | | ... | | 1 | | | 1 |
| Profissional 04 | 1 | 1 | | 1 | | ... | | | | | 1 |
| Profissional 05 | 1 | | | | | ... | | 1 | | | 1 |
| Profissional 06 | | | | 1 | | ... | | | | | 1 |
| Profissional 07 | 1 | 1 | | 1 | | ... | | 1 | | 1 | 1 |
| Profissional 08 | 1 | 1 | | 1 | | ... | | 1 | | | 1 |
| Profissional 09 | 1 | 1 | | 1 | | ... | | | | | 1 |
| Profissional 10 | 1 | 1 | | 1 | | ... | | 1 | | 1 | 1 |
| | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| Profissional 26 | | | 1 | | | ... | | | | | |
| Profissional 27 | | | 1 | | | ... | | | | | |
| Profissional 28 | | | | | | ... | | | | | |
| Profissional 29 | | | | | | ... | | | | | |
| Profissional 30 | | | 1 | | | ... | | | | | |
| Profissional 31 | | | 1 | | | ... | | | | | |
| Profissional 32 | | | 1 | | | ... | | | | | |
| Profissional 33 | | | | | 1 | ... | 1 | | 1 | | |
| Profissional 34 | | | | | 1 | ... | 1 | | 1 | | |
| Profissional 35 | | | | | 1 | ... | 1 | | 1 | | |

Fonte: elaborado pelo autor (2019)

5.6 ETAPA 6: REALIZAR LEVANTAMENTO DO HISTÓRICO DE HORAS APLICADAS E OBTER PARÂMETRO HS_{LIQ}

Aplicando-se o roteiro e as considerações descritas na seção 4.6, levanta-se e analisa-se o histórico de horas profissionais aplicadas. Por sua vez, em conjunto com as diretrizes e a política de operações, são consolidadas as horas profissionais planejadas e o parâmetro HS_{LIQ}, conforme pode ser observado no quadro 22. Também consegue-se perceber com o histórico que os 35 profissionais envolveram-se com os treinamentos em NRs em maior ou menor quantidade de horas aplicadas e que somente 5 profissionais dedicavam-se em tempo integral ao atendimento desse portfólio e em múltiplas regiões.

Quadro 22 - Definição dos parâmetros de horas profissionais planejadas

| PLANEJAMENTO DA DISTRIBUIÇÃO DE HORAS PROFISSIONAIS | | HORAS | TERMO |
|---|---------|---------|------------|
| CAPACIDADE DISPONÍVEL | | 176,00 | TH |
| (-) OUTRAS ATIVIDADES (ADM) | | (18,00) | H_{ADM} |
| CAPACIDADE APLICADA A PRODUTO | (100%) | 158,00 | HS |
| → HORAS PRODUTO LÍQUIDAS | (± 70%) | 110,60 | HS_{LIQ} |
| → HORAS PRODUTO AUXILIARES | (± 30%) | 47,40 | HS_{AUX} |

Fonte: elaborado pelo autor (2019)

5.7 ETAPA 7: APLICAR MODELO PROPOSTO

As seções 5.3.1 a 5.3.3 demonstraram que o banco de dados é composto por 273 treinamentos cadastrados que requerem um total de 84 proficiências. Seguindo-se o processo de racionalização do problema (descrito em 3.7), chega-se aos resultados demonstrados na tabela 15. Há um histórico de demanda por 65 proficiências, das quais 57 são ofertadas pelo quadro profissional da empresa. Assim, a modelagem do estudo aplicado passa a assumir que:

$I = \{1, 2, 3, \dots, i, \dots, 35\}$ recursos proficientes;

$J = \{1, 2, 3, \dots, j, \dots, 14\}$ regiões de demanda;

$K = \{1, 2, 3, \dots, k, \dots, 57\}$ é o conjunto de o proficiências;

Tabela 15: Resultado do processo de racionalização das variáveis do problema

| PROFICIÊNCIAS | | | |
|----------------------|--------------------------------|----------------|---------------|
| | CADASTRO (BANCO D.) | DEMANDA | OFERTA |
| Engenheiro ST | 26 | 13 | 10 |
| Técnico ST | 49 | 44 | 39 |
| Enfermeiro ST | 9 | 8 | 8 |
| TOTAL | 84 | 65 | 57 |

Com base nas heurísticas apresentadas na seção 4.7.3, três simulações são realizadas. A primeira simulação busca a otimização do cenário real existente, empregando uma adaptação do método mPA, de forma que a distribuição de horas de serviço de cada profissional iniciará sempre por sua região de lotação original. Somente após distribuir ao máximo as horas de serviço com atendimento local, novas regiões serão atendidas por meio de mobilidade. A segunda e a terceira simulações consideram a aplicação dos métodos MPA e mPA de maneira plena, isso é, possibilitando uma redistribuição generalizada de todos os profissionais.

A tabela 16 apresenta a matriz S inicial: comum a todas as simulações. As tabelas 17 e 18 apresentam respectivamente as matrizes \bar{B} e A resultantes da primeira simulação, i.é. utilizando-se o mPA adaptado. Analogamente as tabelas 19 e 20 reproduzem os resultados da segunda simulação (MPA pleno). Finalmente as tabelas 21 e 22 demonstram os resultados obtidos com a terceira simulação: mPA pleno.

Tabela 16 - Matriz S inicial, resultante da aplicação do modelo

| Profissional | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | Total Geral |
|-----------------|------|-----|-------|-------|-----|------|-------|------|-------|------|-------|-------|-------|-----|-------------|
| Profissional 01 | 29,3 | 3,3 | 202,6 | 149,0 | 1,8 | 65,5 | 193,7 | 58,5 | 184,3 | 67,8 | 137,4 | 295,2 | 63,5 | 3,6 | 1.455,4 |
| Profissional 02 | 33,6 | 3,3 | 282,2 | 154,1 | 1,8 | 65,5 | 199,9 | 58,5 | 228,1 | 75,6 | 151,5 | 347,7 | 105,4 | 3,6 | 1.710,8 |
| Profissional 03 | 33,6 | 2,5 | 263,3 | 153,7 | 1,8 | 65,5 | 201,7 | 58,5 | 208,7 | 76,2 | 151,5 | 349,0 | 105,4 | 3,6 | 1.675,1 |
| Profissional 04 | 31,8 | 2,5 | 230,2 | 152,6 | 1,8 | 65,5 | 192,6 | 58,5 | 201,0 | 68,0 | 147,2 | 320,1 | 68,6 | 3,6 | 1.544,1 |
| Profissional 05 | 19,3 | 1,8 | 190,2 | 77,8 | 1,8 | 40,0 | 156,8 | 47,3 | 100,4 | 57,3 | 108,4 | 110,0 | 85,8 | 3,6 | 1.000,4 |
| Profissional 06 | 21,8 | 0,7 | 139,7 | 93,1 | 0,0 | 29,1 | 79,5 | 14,5 | 161,9 | 37,5 | 58,2 | 263,8 | 57,1 | 0,0 | 957,0 |
| Profissional 07 | 31,1 | 2,5 | 249,7 | 142,8 | 1,8 | 63,6 | 199,8 | 58,5 | 199,1 | 75,5 | 136,6 | 322,5 | 101,7 | 3,6 | 1.588,9 |
| Profissional 08 | 33,6 | 3,3 | 282,2 | 154,1 | 1,8 | 65,5 | 202,1 | 58,5 | 215,1 | 76,2 | 151,5 | 349,0 | 105,4 | 3,6 | 1.701,8 |
| Profissional 09 | 22,2 | 2,5 | 165,2 | 96,4 | 1,8 | 43,6 | 169,3 | 52,0 | 136,0 | 55,8 | 126,2 | 191,3 | 57,5 | 3,6 | 1.123,4 |
| Profissional 10 | 33,6 | 3,3 | 264,4 | 154,1 | 1,8 | 65,5 | 202,1 | 58,5 | 214,5 | 76,2 | 151,5 | 350,5 | 106,8 | 3,6 | 1.686,3 |
| Profissional 11 | 22,0 | 1,5 | 129,0 | 43,9 | 0,0 | 5,5 | 71,3 | 11,5 | 116,5 | 25,3 | 43,5 | 227,0 | 65,0 | 0,0 | 762,1 |
| Profissional 12 | 29,3 | 2,5 | 201,5 | 148,6 | 1,8 | 65,5 | 191,2 | 58,5 | 184,3 | 67,3 | 137,4 | 293,9 | 63,5 | 3,6 | 1.448,9 |
| Profissional 13 | 26,4 | 2,5 | 203,2 | 82,8 | 1,8 | 40,0 | 156,4 | 47,5 | 112,4 | 57,5 | 120,6 | 155,9 | 93,7 | 3,6 | 1.104,4 |
| Profissional 14 | 29,3 | 2,5 | 190,2 | 138,5 | 1,8 | 65,5 | 175,2 | 54,1 | 152,4 | 67,3 | 135,2 | 207,5 | 62,8 | 3,6 | 1.285,9 |
| Profissional 15 | 26,4 | 2,5 | 184,3 | 82,8 | 1,8 | 40,0 | 158,6 | 47,5 | 112,4 | 58,0 | 120,6 | 140,5 | 79,9 | 3,6 | 1.059,0 |
| Profissional 16 | 33,6 | 2,5 | 263,3 | 153,7 | 1,8 | 65,5 | 201,7 | 58,5 | 208,7 | 76,2 | 151,5 | 349,0 | 105,4 | 3,6 | 1.675,1 |
| Profissional 17 | 13,5 | 3,3 | 164,4 | 70,2 | 1,8 | 38,2 | 141,8 | 48,4 | 123,3 | 52,5 | 118,2 | 185,1 | 66,9 | 3,6 | 1.031,1 |
| Profissional 18 | 21,5 | 2,5 | 160,4 | 95,2 | 1,8 | 43,6 | 164,9 | 50,8 | 131,2 | 54,5 | 121,0 | 115,7 | 54,5 | 3,6 | 1.021,3 |
| Profissional 19 | 23,8 | 1,8 | 191,2 | 78,5 | 1,8 | 40,0 | 154,6 | 47,5 | 102,9 | 56,7 | 110,8 | 128,3 | 87,2 | 3,6 | 1.028,8 |
| Profissional 20 | 25,8 | 2,5 | 200,5 | 148,4 | 1,8 | 65,5 | 191,2 | 58,2 | 190,7 | 67,3 | 134,9 | 274,4 | 62,2 | 3,6 | 1.426,9 |
| Profissional 21 | 13,5 | 2,5 | 160,5 | 123,6 | 1,8 | 61,8 | 156,9 | 54,5 | 156,0 | 56,4 | 121,1 | 234,4 | 44,7 | 3,6 | 1.191,4 |
| Profissional 22 | 12,4 | 3,3 | 147,6 | 106,5 | 1,8 | 60,0 | 140,8 | 50,2 | 114,2 | 56,4 | 113,8 | 146,2 | 44,0 | 3,6 | 1.000,9 |
| Profissional 23 | 15,6 | 2,5 | 153,8 | 121,7 | 1,8 | 61,8 | 149,7 | 50,5 | 130,6 | 56,9 | 122,1 | 159,4 | 47,5 | 3,6 | 1.077,6 |
| Profissional 24 | 13,5 | 2,5 | 160,5 | 123,6 | 1,8 | 61,8 | 156,9 | 54,5 | 156,0 | 56,4 | 121,1 | 234,4 | 44,7 | 3,6 | 1.191,4 |
| Profissional 25 | 33,6 | 2,5 | 281,1 | 153,7 | 1,8 | 65,5 | 201,7 | 58,5 | 208,7 | 76,2 | 151,5 | 349,0 | 105,4 | 3,6 | 1.692,9 |
| Profissional 26 | 0,9 | 0,0 | 52,0 | 73,5 | 0,0 | 0,0 | 48,0 | 0,0 | 44,7 | 0,0 | 0,0 | 84,4 | 28,4 | 0,0 | 331,8 |
| Profissional 27 | 0,9 | 0,0 | 52,0 | 73,5 | 0,0 | 0,0 | 48,0 | 0,0 | 44,7 | 0,0 | 0,0 | 84,4 | 28,4 | 0,0 | 331,8 |
| Profissional 28 | 0,0 | 0,0 | 30,9 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 17,3 | 0,0 | 23,3 | 0,0 | 36,7 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 108,2 |
| Profissional 29 | 0,0 | 0,0 | 30,9 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 17,3 | 0,0 | 25,6 | 0,0 | 36,7 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 110,6 |
| Profissional 30 | 0,9 | 0,0 | 52,0 | 73,5 | 0,0 | 0,0 | 48,0 | 0,0 | 44,7 | 0,0 | 0,0 | 84,4 | 28,4 | 0,0 | 331,8 |
| Profissional 31 | 0,9 | 0,0 | 52,0 | 73,5 | 0,0 | 0,0 | 48,0 | 0,0 | 44,7 | 0,0 | 0,0 | 84,4 | 28,4 | 0,0 | 331,8 |
| Profissional 32 | 0,9 | 0,0 | 52,0 | 73,5 | 0,0 | 0,0 | 48,0 | 0,0 | 44,7 | 0,0 | 0,0 | 84,4 | 28,4 | 0,0 | 331,8 |
| Profissional 33 | 6,2 | 0,0 | 14,7 | 17,3 | 0,0 | 0,0 | 10,5 | 0,0 | 14,2 | 0,0 | 0,0 | 33,3 | 14,4 | 0,0 | 110,6 |
| Profissional 34 | 6,2 | 0,0 | 14,7 | 17,3 | 0,0 | 0,0 | 10,5 | 0,0 | 14,2 | 0,0 | 0,0 | 33,3 | 14,4 | 0,0 | 110,6 |
| Profissional 35 | 6,2 | 0,0 | 14,7 | 17,3 | 0,0 | 0,0 | 10,5 | 0,0 | 14,2 | 0,0 | 0,0 | 33,3 | 14,4 | 0,0 | 110,6 |

Tabela 17 - Matriz \bar{B} resultante da primeira simulação: método do Menor potencial de atendimento adaptado

| Profissional | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | Total Geral |
|-----------------|-------|------|--------|--------|------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|--------|--------|------|-------------|
| Profissional 01 | | | | 110,60 | | | | | | | | | | | 110,60 |
| Profissional 02 | | | | | | | | | | | | 110,60 | | | 110,60 |
| Profissional 03 | | | | | | | | | | | | 110,60 | | | 110,60 |
| Profissional 04 | | | 110,60 | | | | | | | | | | | | 110,60 |
| Profissional 05 | | | | | | | | | | 57,27 | | | | | 57,27 |
| Profissional 06 | | | | | | | | | 110,60 | | | | | | 110,60 |
| Profissional 07 | | | | | | | | | 110,60 | | | | | | 110,60 |
| Profissional 08 | | | | | | | | | | | 110,60 | | | | 110,60 |
| Profissional 09 | | | | | | | | | 6,85 | | | | | | 6,85 |
| Profissional 10 | | | 61,00 | | | | | 36,51 | | | | | 13,09 | | 110,60 |
| Profissional 12 | | | | | | | 110,60 | | | | | | | | 110,60 |
| Profissional 13 | | | | 5,09 | | | | | | 0,73 | | 1,45 | 93,73 | | 101,00 |
| Profissional 14 | | | 110,60 | | | | | | | | | | | | 110,60 |
| Profissional 15 | | | | | | | | | | | | 17,20 | | | 17,20 |
| Profissional 16 | | | | | | | | | | | | 110,60 | | | 110,60 |
| Profissional 17 | | | | | | | 91,47 | | | | | | | | 91,47 |
| Profissional 18 | | | | | | 43,64 | | | | | | | | | 43,64 |
| Profissional 20 | | | | 38,40 | | | | | | | | | | | 38,40 |
| Profissional 22 | | 3,27 | | | 1,82 | 7,75 | | | | 18,18 | | | | 3,64 | 34,65 |
| Profissional 25 | 33,64 | | | | | 14,07 | | 21,95 | | | 40,95 | | | | 110,60 |
| Profissional 26 | 0,89 | | | 47,22 | | | 48,00 | | | | | | | | 96,11 |
| Profissional 27 | | | | 26,24 | | | | | | | | 84,36 | | | 110,60 |
| Profissional 28 | | | | | | | | | 23,27 | | | | | | 23,27 |
| Profissional 29 | | | 30,91 | | | | 17,33 | | 2,36 | | 36,73 | | | | 87,33 |
| Profissional 30 | | | 52,00 | | | | | | | | | | | | 52,00 |
| Profissional 31 | | | | | | | | | 44,73 | | | | | | 44,73 |
| Profissional 32 | | | | | | | | | | | | | 28,36 | | 28,36 |
| Profissional 33 | | | | | | | | | 14,18 | | | | | | 14,18 |
| Profissional 35 | 6,24 | | 14,73 | 17,27 | | | 10,55 | | | | | 33,27 | 14,36 | | 96,42 |
| TOTAL | 40,76 | 3,27 | 379,84 | 244,82 | 1,82 | 65,45 | 277,95 | 58,45 | 312,60 | 76,18 | 188,27 | 468,09 | 149,55 | 3,64 | 2.270,69 |

Tabela 18 - Matriz A resultante da primeira simulação: método do menor potencial de atendimento adaptado

| Profissional | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | Total Geral |
|-----------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|-------------|
| Profissional 01 | | | | 1 | | | | | | | | | | | 1 |
| Profissional 02 | | | | | | | | | | | | 1 | | | 1 |
| Profissional 03 | | | | | | | | | | | | 1 | | | 1 |
| Profissional 04 | | | 1 | | | | | | | | | | | | 1 |
| Profissional 05 | | | | | | | | | | 1 | | | | | 1 |
| Profissional 06 | | | | | | | | | 1 | | | | | | 1 |
| Profissional 07 | | | | | | | | | 1 | | | | | | 1 |
| Profissional 08 | | | | | | | | | | | 1 | | | | 1 |
| Profissional 09 | | | | | | | | | 1 | | | | | | 1 |
| Profissional 10 | | | | | | | | | | | | | 1 | | 1 |
| Profissional 12 | | | | | | | 1 | | | | | | | | 1 |
| Profissional 13 | | | | | | | | | | | | | 1 | | 1 |
| Profissional 14 | | | 1 | | | | | | | | | | | | 1 |
| Profissional 15 | | | | | | | | | | | | 1 | | | 1 |
| Profissional 16 | | | | | | | | | | | | 1 | | | 1 |
| Profissional 17 | | | | | | | 1 | | | | | | | | 1 |
| Profissional 18 | | | | | | 1 | | | | | | | | | 1 |
| Profissional 20 | | | | 1 | | | | | | | | | | | 1 |
| Profissional 22 | | | | | | | | | | 1 | | | | | 1 |
| Profissional 25 | | | | | | | | | | | 1 | | | | 1 |
| Profissional 26 | | | | | | | 1 | | | | | | | | 1 |
| Profissional 27 | | | | | | | | | | | | 1 | | | 1 |
| Profissional 28 | | | | | | | | 1 | | | | | | | 1 |
| Profissional 29 | | | | | | | | | | | 1 | | | | 1 |
| Profissional 30 | | | 1 | | | | | | | | | | | | 1 |
| Profissional 31 | | | | | | | | | 1 | | | | | | 1 |
| Profissional 32 | | | | | | | | | | | | | 1 | | 1 |
| Profissional 33 | | | | | | | | | 1 | | | | | | 1 |
| Profissional 35 | | | | | | | 1 | | | | | | | | 1 |
| TOTAL | | | 3 | 2 | | 1 | 4 | | 6 | 2 | 3 | 5 | 3 | | 29 |

Tabela 19 - Matriz \bar{B} resultante da segunda simulação: método do maior potencial de atendimento pleno

| Profissional | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | Total Geral |
|-----------------|-------|------|--------|--------|------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|--------|--------|------|-------------|
| Profissional 01 | | | | | | | 27,69 | | | | | 82,91 | | | 110,60 |
| Profissional 02 | | | | | | | | | | | 110,60 | | | | 110,60 |
| Profissional 03 | | | | | | | | | 110,60 | | | | | | 110,60 |
| Profissional 04 | | | 110,60 | | | | | | | | | | | | 110,60 |
| Profissional 06 | | | | | | | | | 110,60 | | | | | | 110,60 |
| Profissional 07 | | | | 110,60 | | | | | | | | | | | 110,60 |
| Profissional 08 | | | 110,60 | | | | | | | | | | | | 110,60 |
| Profissional 10 | | | | | | | | | | | | 110,60 | | | 110,60 |
| Profissional 11 | | | 44,13 | 20,13 | | | | | | | | 46,35 | | | 110,60 |
| Profissional 12 | | | | | | | 52,15 | 58,45 | | | | | | | 110,60 |
| Profissional 13 | | | 16,87 | | | | | | | | | | 93,73 | | 110,60 |
| Profissional 14 | 29,27 | | | 19,85 | | 22,13 | | | 2,40 | | 24,58 | | 12,36 | | 110,60 |
| Profissional 16 | | | | | | | | | | | | 110,60 | | | 110,60 |
| Profissional 17 | 4,36 | 3,27 | | 3,51 | 1,82 | | 11,64 | | 4,45 | 8,91 | 16,36 | | 0,73 | 3,64 | 58,69 |
| Profissional 20 | | | | | | 43,33 | | | | 67,27 | | | | | 110,60 |
| Profissional 25 | | | | | | | 110,60 | | | | | | | | 110,60 |
| Profissional 26 | | | | 26,24 | | | | | | | | 84,36 | | | 110,60 |
| Profissional 27 | | | 52,00 | 10,60 | | | 48,00 | | | | | | | | 110,60 |
| Profissional 29 | | | 30,91 | | | | 17,33 | | 25,64 | | 36,73 | | | | 110,60 |
| Profissional 30 | 0,89 | | | 36,62 | | | | | 44,73 | | | | 28,36 | | 110,60 |
| Profissional 35 | 6,24 | | 14,73 | 17,27 | | | 10,55 | | 14,18 | | | 33,27 | 14,36 | | 110,60 |
| TOTAL | 40,76 | 3,27 | 379,84 | 244,82 | 1,82 | 65,45 | 277,95 | 58,45 | 312,60 | 76,18 | 188,27 | 468,09 | 149,55 | 3,64 | 2.270,69 |

Fonte: elaborado pelo autor (2019)

Tabela 20 - Matriz A resultante da segunda simulação: método do maior potencial de atendimento pleno

| Profissional | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | Total Geral |
|-----------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|-------------|
| Profissional 01 | | | | | | | | | | | | 1 | | | 1 |
| Profissional 02 | | | | | | | | | | | 1 | | | | 1 |
| Profissional 03 | | | | | | | | | 1 | | | | | | 1 |
| Profissional 04 | | | 1 | | | | | | | | | | | | 1 |
| Profissional 06 | | | | | | | | | 1 | | | | | | 1 |
| Profissional 07 | | | | 1 | | | | | | | | | | | 1 |
| Profissional 08 | | | 1 | | | | | | | | | | | | 1 |
| Profissional 10 | | | | | | | | | | | | 1 | | | 1 |
| Profissional 11 | | | | | | | | | | | | 1 | | | 1 |
| Profissional 12 | | | | | | | | 1 | | | | | | | 1 |
| Profissional 13 | | | | | | | | | | | | | 1 | | 1 |
| Profissional 14 | 1 | | | | | | | | | | | | | | 1 |
| Profissional 16 | | | | | | | | | | | | 1 | | | 1 |
| Profissional 17 | | | | | | | | | | | 1 | | | | 1 |
| Profissional 20 | | | | | | | | | | 1 | | | | | 1 |
| Profissional 25 | | | | | | | 1 | | | | | | | | 1 |
| Profissional 26 | | | | | | | | | | | | 1 | | | 1 |
| Profissional 27 | | | 1 | | | | | | | | | | | | 1 |
| Profissional 29 | | | | | | | | | | | 1 | | | | 1 |
| Profissional 30 | | | | | | | | | 1 | | | | | | 1 |
| Profissional 35 | | | | | | | | | | | | 1 | | | 1 |
| TOTAL | 1 | 0 | 3 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 3 | 1 | 3 | 6 | 1 | 0 | 21 |

Tabela 21 - Matriz \bar{B} resultante da terceira simulação: método do Menor potencial de atendimento pleno

| Profissional | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | Total Geral |
|-----------------|-------|------|--------|--------|------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|--------|--------|------|-------------|
| Profissional 02 | | | | | | | | | 110,60 | | | | | | 110,60 |
| Profissional 03 | | | | | | | | | | 76,18 | 34,42 | | | | 110,60 |
| Profissional 04 | | | 110,60 | | | | | | | | | | | | 110,60 |
| Profissional 07 | 14,51 | 3,27 | | 10,18 | 1,82 | | | 13,31 | 3,07 | | 6,53 | 2,36 | | 3,64 | 58,69 |
| Profissional 08 | 19,13 | | | | | | 91,47 | | | | | | | | 110,60 |
| Profissional 10 | | | | | | | | | 3,78 | | | | 106,82 | | 110,60 |
| Profissional 11 | | | | | | | | | 110,60 | | | | | | 110,60 |
| Profissional 12 | | | | | | | | | | | | 110,60 | | | 110,60 |
| Profissional 13 | | | 61,00 | 33,31 | | | | | | | | 16,29 | | | 110,60 |
| Profissional 14 | | | | | | 65,45 | | 45,15 | | | | | | | 110,60 |
| Profissional 17 | | | | | | | | | | | | 110,60 | | | 110,60 |
| Profissional 18 | | | | | | | | | | | | 110,60 | | | 110,60 |
| Profissional 21 | | | 110,60 | | | | | | | | | | | | 110,60 |
| Profissional 22 | | | | | | | | | | | 110,60 | | | | 110,60 |
| Profissional 23 | | | | 110,60 | | | | | | | | | | | 110,60 |
| Profissional 24 | | | | | | | 110,60 | | | | | | | | 110,60 |
| Profissional 26 | | | | | | | | | | | | 84,36 | 26,24 | | 110,60 |
| Profissional 27 | | | | 73,45 | | | | | 37,15 | | | | | | 110,60 |
| Profissional 29 | | | 30,91 | | | | 17,33 | | 25,64 | | 36,73 | | | | 110,60 |
| Profissional 30 | | | 52,00 | | | | 48,00 | | 7,58 | | | | 3,02 | | 110,60 |
| Profissional 33 | 7,13 | | 14,73 | 17,27 | | | 10,55 | | 14,18 | | | 33,27 | 13,47 | | 110,60 |
| TOTAL | 40,76 | 3,27 | 379,84 | 244,82 | 1,82 | 65,45 | 277,95 | 58,45 | 312,60 | 76,18 | 188,27 | 468,09 | 149,55 | 3,64 | 2.270,69 |

Tabela 22 - Matriz A resultante da terceira simulação: método do menor potencial de atendimento pleno

| Profissional | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | Total Geral |
|-----------------|----------|---|----------|----------|---|----------|----------|---|----------|----------|----------|----------|----------|----|-------------|
| Profissional 02 | | | | | | | | | 1 | | | | | | 1 |
| Profissional 03 | | | | | | | | | | 1 | | | | | 1 |
| Profissional 04 | | | 1 | | | | | | | | | | | | 1 |
| Profissional 07 | 1 | | | | | | | | | | | | | | 1 |
| Profissional 08 | | | | | | | 1 | | | | | | | | 1 |
| Profissional 10 | | | | | | | | | | | | | 1 | | 1 |
| Profissional 11 | | | | | | | | | 1 | | | | | | 1 |
| Profissional 12 | | | | | | | | | | | | 1 | | | 1 |
| Profissional 13 | | | 1 | | | | | | | | | | | | 1 |
| Profissional 14 | | | | | | 1 | | | | | | | | | 1 |
| Profissional 17 | | | | | | | | | | | | 1 | | | 1 |
| Profissional 18 | | | | | | | | | | | | 1 | | | 1 |
| Profissional 21 | | | 1 | | | | | | | | | | | | 1 |
| Profissional 22 | | | | | | | | | | | 1 | | | | 1 |
| Profissional 23 | | | | 1 | | | | | | | | | | | 1 |
| Profissional 24 | | | | | | | 1 | | | | | | | | 1 |
| Profissional 26 | | | | | | | | | | | | 1 | | | 1 |
| Profissional 27 | | | | 1 | | | | | | | | | | | 1 |
| Profissional 29 | | | | | | | | | | | 1 | | | | 1 |
| Profissional 30 | | | 1 | | | | | | | | | | | | 1 |
| Profissional 33 | | | | | | | | | | | | 1 | | | 1 |
| Total | 1 | | 4 | 2 | | 1 | 2 | | 2 | 1 | 2 | 5 | 1 | | 21 |

Ao comparar-se os resultados obtidos com as três simulações (apresentadas pelas tabelas 17 a 22), consideram-se importantes alguns pontos de atenção. Ambos os métodos MPA e mPA plenos, possuem por premissa a distribuição máxima de horas de um mesmo trabalhador a cada alocação: privilegiando-se assim a utilização máxima de cada recurso antes de iniciar a alocação de um próximo trabalhador. Já a simulação que emprega o método mPA adaptado possui por premissa que cada trabalhador já se encontra alocado em uma região de base, privilegiando-se assim a máxima distribuição de horas em atendimentos locais e posteriormente as horas de atendimento por mobilidade. De modo que nesse último método os trabalhadores estão sujeitos a subutilização. Porém, conforme apresentado na análise situacional (seção 5.1), no presente estudo aplicado a subutilização dos recursos para o atendimento a essa demanda não configura necessariamente um problema, pois os trabalhadores subalocados dedicam o saldo de horas não utilizadas ao atendimento de outros serviços do portfólio.

5.8 ETAPA 8: AVALIAR RESULTADOS

As três simulações, em adição a situação original, permitiram a análise comparativa entre quatro cenários (tabela 23).

Tabela 23 - Comparativo de resultados entre os cenários Original e os obtidos pelas três simulações.

| ID | INDICADOR | CENÁRIO ORIGINAL | CENÁRIO SIMULAÇÃO 01 | CENÁRIO SIMULAÇÃO 02 | CENÁRIO SIMULAÇÃO 03 |
|-----|-----------------------------------|------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 1 | Horas Atendimento Total | 2.021 | 2.271 | 2.271 | 2.271 |
| 1.1 | Horas Atendimento Local | 1.295 | 1.940 | 1.641 | 1.801 |
| 1.2 | Horas Atendimento Mob. | 794 | 331 | 630 | 469 |
| 2 | % Atendimento | 89% | 100% | 100% | 100% |
| 3 | % Mobilidade | 39% | 15% | 28% | 21% |
| 4 | Quadro Total Envolvido | 35 | 29 | 21 | 21 |
| 4.1 | Atendendo (HSLIQ): 01 Reg. | 0 | 10 | 9 | 10 |
| 4.2 | Atendendo (HSLIQ): 02 Reg. | 0 | 1 | 5 | 6 |
| 4.3 | Atendendo (HSLIQ): <i>j</i> Regs. | 7 | 2 | 6 | 4 |
| 4.4 | Atendendo parcial: <i>j</i> Regs. | 28 | 16 | 1 | 1 |

O cenário original demonstrou, por meio do histórico de horas aplicadas, que 35 profissionais (I) envolveram-se com os treinamentos em NRs em maior ou menor quantidade de horas aplicadas e que somente sete desses dedicaram-se em tempo integral ao atendimento desse portfólio, porém em múltiplas regiões. Nas três simulações a quantidade total de horas não atendidas (matriz N) foi reduzida a zero: logo o índice de atendimento foi de 100%, frente a 89% no cenário original. Os percentuais de atendimento por mobilidade obtidos com as três simulações foram respectivamente de 15%, 28% e 21%, frente a 39% no cenário original. Enquanto no cenário original há o envolvimento de cerca de 35 funcionários, na primeira simulação foram necessários 29, seguido de 21 tanto na segunda quanto na terceira simulações. Ainda na tabela 23, o item 4.1, representa a quantidade de profissionais capazes de absorver 100% de atendimento em uma única região. O item 4.2 representa a quantidade capaz de absorver 100% de atendimento em duas regiões e o item 4.3 a quantidade capaz de absorver 100% de atendimento em mais de duas regiões. O item 4.4 representa a quantidade de funcionários com atendimento parcial ao serviço.

5.8.1 Avaliação dos cenários obtidos:

A análise situacional do negócio (seção 5.1) fornece importantes informações a respeito das condições iniciais do problema. O baixo índice de recuperação de recursos (alinhado a alta representatividade dos custos com mão de obra direta), induz ao questionamento sobre a razão de utilização da mão de obra direta. Conhecendo-se as operações, percebe-se que historicamente há um elevado e crescente índice de solicitações de atendimentos por mobilidade. Buscar ações que visem a otimização da utilização da mão de obra profissional e conseqüentemente a melhoria do índice de recuperação de recursos, demonstra-se como um dos principais motivadores para a realização desse estudo. Por meio dele, procura-se determinar a melhor alocação para as equipes envolvidas em treinamentos em NRs.

Visando-se um cenário com a melhor redução do percentual de atendimentos realizados por mobilidade, o cenário com a primeira simulação obteve o melhor resultado (15%). Sabe-se que o perfil de atendimento dos trabalhadores é generalista, isto é, atende a múltiplas famílias do portfólio (não apenas aos treinamentos em NRs). Assim, a maior parcela de profissionais envolvidos parcialmente no atendimento da primeira simulação (16) frente as outras duas simulações (1 em cada), não

representam problema no ambiente analisado.

Os resultados obtidos com os cenários das simulações 2 e 3 também contribuem para o aprendizado da organização. A demanda antes atendida parcialmente (89%) com 35 trabalhadores, pode ser totalmente atendida com um mínimo de 21 trabalhadores. Possíveis reorientações de mercado tais como a descontinuação ou a entrada de novos serviços, bem como novos concorrentes podem promover alterações de demanda que venham a influenciar a utilização dos profissionais. Assim, possíveis análises futuras sobre a utilização das horas profissionais, poderão reconsiderar a real contribuição de oito trabalhadores extras envolvidos no serviço. Finalmente, os resultados obtidos podem propor à empresa a adoção parcial ou híbrida dos cenários obtidos.

A análise situacional também descreveu uma situação frequente em que um trabalhador com uma maior variedade de proficiências (ou mesmo com proficiências mais restritas), é alocado para um atendimento que requer uma proficiência comum. A agenda do profissional é então bloqueada para esse atendimento de modo que um profissional de outra região é acionado por mobilidade. Isso ocorre por causa do perfil de atendimento generalista (não havendo uma estratégia de priorização de atendimentos por perfil profissional). Porém a aplicação do método proporciona o direcionamento das horas profissionais para atendimentos específicos. Desse modo consegue-se também estabelecer as prioridades de atendimento para cada profissional. Assim, como medida geral, sugere-se que os profissionais indicados nos itens 4.1, 4.2 e 4.3 (tabela 23) atendam somente aos treinamentos em NRs e na região (ou regiões) determinadas. Adicionalmente, a matriz \bar{B} indicará quais serviços cada recurso irá atender. Finalmente, com a priorização de atendimentos estabelecida, os demais serviços do portfólio também serão beneficiados uma vez que as agendas dos profissionais não priorizados para o serviço de treinamentos ficará disponível.

5.8.2 Avaliação do método heurístico proposto:

Conforme apresenta-se no capítulo 2, Niknafs et al (2013) citam que muitos pesquisadores empregam um sistema de classificação refinado para a categorização de problemas e que segundo esses o GAP é um tipo tradicional estudado na categoria de problemas de otimização combinatória discreta. Essa classificação é atribuída, pois a definição básica do GAP (e a maioria de suas aplicações), envolvem a alocação

ótima de n tarefas para m agentes capacitados, ou seja, envolvem variáveis de decisão discretas. Já o estudo conduzido por Oncan (2007), identificou diferentes abordagens realizadas para o GAP, classificando-as em onze categorias, sendo que algumas dessas categorias empregam variáveis contínuas. Niknafs et al (2013) acrescentam que o emprego de métodos exatos é impraticável para a maioria dos problemas reais, só sendo viável sua utilização para problemas de pequena escala e que como resultado há várias abordagens heurísticas e meta-heurísticas para encontrar uma solução aproximada para o GAP (FISHER E JAIKUMAR, 1981; OSMAN, 1995; YAGIURA E IBARAKI, 2004, YAGIURA E IBARAKI, 2007; ONCAN, 2007).

A definição e a formulação matemática do problema apresentado neste trabalho, compreende a alocação de agentes a regiões por meio de variáveis contínuas (horas). Diferentes abordagens para a solução deste problema foram testadas. Simulações envolvendo alocações aleatórias das horas profissionais foram realizadas. Por fim, na fase de testes, o método apresentado neste trabalho foi o que demonstrou a melhor convergência para uma solução satisfatória. Atentando-se a segunda e a terceira simulações apresentadas, as quais compreendem uma aplicação mais comum do GAP (i.e., em que inicialmente todas as alocações são possíveis), ambas obtiveram como resultado o atendimento total à demanda com o mínimo de 21 profissionais. Sendo 20 dedicados exclusivamente e mais um dedicado parcialmente. Destaca-se que a relação entre a demanda total em horas de serviço de 2.270,7 (vide matriz D na seção 5.3) e a capacidade líquida individual de 110,6 horas (vide H_{SLIQ} na seção 5.6) é de 20,53. Ou seja, idealmente a demanda total deveria ser atendida por 21 profissionais. O que indica que ambas as simulações apresentam resultados minimamente satisfatórios. Em especial a terceira simulação (relativa ao método do mínimo potencial de atendimento) a qual mais se aproxima da solução ótima.

O desenvolvimento dos métodos heurísticos, demonstrou que ambos os métodos MPA e mPA apresentam resultados satisfatórios. E que enquanto o primeiro possui uma operacionalização mais simples, o segundo obtém resultados mais próximos do ótimo. O estudo aplicado demonstra a necessidade por uma avaliação que envolve o planejamento da mão de obra para o atendimento a serviços. Entende-se esse planejamento como de longo prazo: uma vez que envolve a alocação de pessoas (e conseqüentemente mudança) para diferentes regiões. Dessa forma, em aplicações semelhantes sugere-se a utilização do método mPA. Já a extensão do

presente método para aplicações de curto prazo (tais como a programação da produção em um ambiente industrial), onde requer-se agilidade e possíveis realocações frequentes, o método MPA pode demonstrar-se satisfatório devido a sua operacionalização mais simples.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo, são discutidas as principais contribuições dessa dissertação e apresentadas sugestões de trabalhos futuros para o tema apresentado.

6.1 CONCLUSÕES

O presente trabalho teve como objetivo principal propor um modelo heurístico para a otimização do problema de alocação de equipes de trabalho baseada em competências, para a prestação de serviços em segurança e saúde no trabalho. O modelo proposto fundamenta-se em conceitos tradicionalmente estudados em pesquisa operacional, tais como o problema da alocação generalizada. Supondo ser inerente ao serviço que os trabalhadores realizem atendimentos em múltiplas regiões, mas que é desejável a priorização a atendimentos locais, o modelo deve determinar a melhor região para a alocação individual de um grupo de profissionais, com base em seu perfil de competências e o comportamento da demanda por essas competências. Para atingir este objetivo, foram propostos cinco objetivos específicos, os quais foram desenvolvidos ao longo desta dissertação.

O primeiro objetivo específico compreendeu reunir as principais contribuições da literatura acerca do problema da alocação generalizada voltado a equipes de trabalho em serviços. O estudo demonstrou que embora de relevância para os setores de produção de bens e serviços, a pesquisa sobre este tema, não tem recebido grande atenção se comparada a outros campos de pesquisa. Ademais, a maioria das contribuições percebidas na literatura são direcionadas ao setor de produção de bens. Sendo em menor número os trabalhos abordando o tema específico para a produção de serviços, em especial sobre serviços de natureza voltada para segurança e saúde do trabalho, para a qual não foi encontrada publicação semelhante.

O segundo objetivo específico considerou estabelecer um modelo matemático aplicável ao problema da alocação em serviços de SST. Devido à forte dependência normativa associada a esse segmento, demonstrou-se fundamental uma abordagem baseada em competências. Desse modo a modelagem passou a assumir três dimensões (trabalhador, região e competência). Percebeu-se assim que ao contrário da maioria das abordagens para o GAP, como um problema de otimização combinatória discreta, a formulação matemática para o presente trabalho deveria

empregar variáveis contínuas, uma vez que utiliza a oferta e conseqüente distribuição de horas profissionais. Subseqüentemente descreveu-se como são levantados os dados e estruturadas as informações que subsidiam o emprego da formulação matemática.

O terceiro objetivo específico tratou da consolidação dos pré-requisitos técnicos contidos em orientações normativas que subsidiariam o sistema de classificação por competências. Para isso consultou-se as normas regulamentadoras bem como documentos técnicos desenvolvidos pela empresa de serviços, na qual foi conduzido o estudo aplicado. De posse dessas informações, foi possível estabelecer e caracterizar o sistema de classificação de competências.

O quarto objetivo específico consistiu em estabelecer o método heurístico para a solução do problema de alocação. Para isso, diferentes abordagens foram testadas, sendo que por fim o método apresentado neste trabalho foi o que demonstrou a melhor convergência para uma solução satisfatória. O método foi subdividido em dois modelos: o modelo do maior potencial de atendimento (MPA) e o modelo do menor potencial de atendimento (mPA). Ambos obtiveram resultados aproximados na fase de testes, porém comparativamente o MPA possui uma operacionalização mais simples, enquanto o mPA se aproximou mais da solução ótima. Adicionalmente ao modelo, foram propostos indicadores para a medição da eficiência com os resultados que viriam a ser obtidos com sua aplicação.

O quinto objetivo específico constituiu a efetiva aplicação do modelo proposto e sua avaliação. Para atingi-lo, quatro cenários foram estabelecidos e avaliados comparativamente, sendo um desses o ambiente original e os demais resultantes de três simulações com o método. A primeira simulação empregou uma adaptação do mPA, onde a alocação de horas de cada trabalhador inicia necessariamente por sua região de origem, buscando-se ao máximo o atendimento com profissionais locais antes de iniciar o atendimento por mobilidade. As outras duas simulações empregaram os métodos MPA e mPA de maneira plena, isso é, permitindo uma realocação de todos os profissionais. No cenário original, a demanda foi atendida em 89% com até 35 profissionais próprios, de modo que 39% dessas horas de atendimento foram realizadas por meio de mobilidade. Já as três simulações demonstraram ser possível o atendimento a 100% da demanda com uma quantidade inferior de profissionais envolvidos (29, 21 e 21 respectivamente), assim como

percentuais de atendimento por mobilidade consideravelmente inferiores: 15%; 28% e 21%.

6.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Há várias contribuições de ordem técnica para a sofisticação da metodologia, que podem ser abordadas em trabalhos futuros. Métodos estatísticos para a avaliação da previsão de demanda e o comportamento da oferta de horas profissionais, podem ser incorporados nas etapas quatro (obtenção da matriz demanda) e seis (obtenção do parâmetro HSLIQ). Um modelo mais sofisticado pode atribuir a cada trabalhador um parâmetro de horas disponíveis individuais, conforme o comportamento observado em seu histórico de horas apontadas. Da mesma forma, ao invés de HSLIQ corresponder a um parâmetro fixo por recurso, seu valor poderia ser variável em função de uma alocação com maior ou menor desempenho de mobilidade. De modo que um trabalhador que pode dedicar-se integralmente ao atendimento em uma única região, possuirá um parâmetro HS_{LIQ} superior se comparado ao de trabalhadores que atendem múltiplas regiões. Adicionalmente, trabalhos futuros poderiam agregar à formulação matemática considerações sobre custos operacionais decorrentes do problema de alocação, assim como um índice relacionado à performance do profissional, de modo que possa ser avaliado um cenário que considere a alocação dos trabalhadores com base em seu desempenho.

Quanto ao escopo da aplicação do modelo, este trabalho restringiu-se a uma empresa prestadora de serviços em SST, particularmente sobre o seu portfólio de treinamentos em NRs. Como sugestão para trabalhos futuros, a metodologia poderia ser adaptada para incluir os demais serviços do portfólio. Além disso, uma possível extensão para o modelo, seria que esse permitisse evidenciar potenciais novas proficiências que se adquiridas por determinados trabalhadores (via capacitação), alocados em determinada região, promoveriam a melhoria de desempenho do sistema quanto aos indicadores de atendimento e mobilidade. Essa extensão para a metodologia, subsidiaria informações de elevado valor percebido pela empresa estudada nesse trabalho, visto que há um processo estratégico envolvendo a capacitação do quadro de profissionais. Da mesma forma a sistemática abordada poderia ser adaptada e estendida para outros segmentos de serviços tais como os de ensino superior e empresas especializadas em consultoria técnica.

REFERÊNCIAS

ANPT, Brasil registra cerca de 700 mil acidentes de trabalho por ano, afirma ANPT. **Associação Nacional dos Procuradores do Trabalho**. Brasília, 25 de abril de 2018. Disponível em <http://www.anpt.org.br/imprensa/noticias/3304-brasil-registra-cerca-de-700-mil-acidentes-de-trabalho-por-ano-afirma-anpt>. Acesso em: 15 de novembro de 2018.

ALBAREDA-SAMBOLA, M., VLERK, M.H., FERNANDEZ, E. *Exact solutions to a class of stochastic generalized assignment problems*. European Journal of Operational Research, vol. 173, pp. 465–487, 2006

BAZARAA, M., JARVIS, J., SHERALI, H. *Linear programming and network flows*. 4^{ed}. John Wiley & Sons, Inc. 2010.

BRASIL. Decreto-Lei nº 5.452, de 1º de maio de 1943. *Aprova a Consolidação das Leis do Trabalho*. Publicação: Brasília, 1º maio 1943. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/Del5452.htm. Acesso em: 15 de novembro de 2018.

BRASIL. Lei nº 8.213, de 24 de julho de 1991. *Dispõe sobre os Planos de Benefícios da Previdência Social e dá outras providências*. Brasília, 24 de julho 1991. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8213cons.htm. Acesso em: 15 de novembro de 2018.

BRASIL. Portaria nº 3214, de 8 de junho de 1978. *Aprova a norma regulamentadora nº 1 (Disposições Gerais)*. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, v.1 1978a. Disponível em: <http://trabalho.gov.br/seguranca-e-saude-no-trabalho/normatizacao/normas-regulamentadoras>. Acessado em: 02/09/2018

BRASIL. Portaria nº 3214, de 8 de junho de 1978. *Aprova a norma regulamentadora nº 2 (Inspeção Prévia)*. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, v.1 1978b. Disponível em: <http://trabalho.gov.br/seguranca-e-saude-no-trabalho/normatizacao/normas-regulamentadoras>. Acessado em: 02/09/2018

BRASIL. Portaria nº 3214, de 8 de junho de 1978. *Aprova a norma regulamentadora nº 3 (Embargo ou Interdição)*. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, v.1 1978c. Disponível em: <http://trabalho.gov.br/seguranca-e-saude-no-trabalho/normatizacao/normas-regulamentadoras>. Acessado em: 02/09/2018

BRASIL. Portaria nº 3214, de 8 de junho de 1978. *Aprova a norma regulamentadora nº 4 (serviços especializados em engenharia de segurança e em medicina do trabalho – SESMT)*. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, v.1 1978d. Disponível em: <http://trabalho.gov.br/seguranca-e-saude-no-trabalho/normatizacao/normas-regulamentadoras>. Acessado em: 02/09/2018

BRASIL. Portaria nº 3214, de 8 de junho de 1978. *Aprova a norma regulamentadora*

nº 5 (Comissão Interna De Prevenção De Acidentes). Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, v.1 1978e. Disponível em: <http://trabalho.gov.br/seguranca-e-saude-no-trabalho/normatizacao/normas-regulamentadoras>. Acessado em: 02/09/2018

BRASIL. Portaria nº 3214, de 8 de junho de 1978. *Aprova a norma regulamentadora nº 6 (Equipamento de Proteção Individual – EPI)*. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, v.1 1978f. Disponível em: <http://trabalho.gov.br/seguranca-e-saude-no-trabalho/normatizacao/normas-regulamentadoras>. Acessado em: 02/09/2018

BRASIL. Portaria nº 3214, de 8 de junho de 1978. *Aprova a norma regulamentadora nº 7 (Programa De Controle Médico De Saúde Ocupacional – PCMSO)*. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, v.1 1978g. Disponível em: <http://trabalho.gov.br/seguranca-e-saude-no-trabalho/normatizacao/normas-regulamentadoras>. Acessado em: 02/09/2018

BRASIL. Portaria nº 3214, de 8 de junho de 1978. *Aprova a norma regulamentadora nº 8 (Edificações)*. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, v.1 1978h. Disponível em: <http://trabalho.gov.br/seguranca-e-saude-no-trabalho/normatizacao/normas-regulamentadoras>. Acessado em: 02/09/2018

BRASIL. Portaria nº 3214, de 8 de junho de 1978. *Aprova a norma regulamentadora nº 9 (Programa De Prevenção De Riscos Ambientais – PPRA)*. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, v.1 1978i. Disponível em: <http://trabalho.gov.br/seguranca-e-saude-no-trabalho/normatizacao/normas-regulamentadoras>. Acessado em: 02/09/2018

BRASIL. Portaria nº 3214, de 8 de junho de 1978. *Aprova a norma regulamentadora nº 10 (Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade)*. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, v.1 1978j. Disponível em: <http://trabalho.gov.br/seguranca-e-saude-no-trabalho/normatizacao/normas-regulamentadoras>. Acessado em: 02/09/2018

BRASIL. Portaria nº 3214, de 8 de junho de 1978. *Aprova a norma regulamentadora nº 11 (Transporte, Movimentação, Armazenagem e Manuseio de Materiais)*. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, v.1 1978k. Disponível em: <http://trabalho.gov.br/seguranca-e-saude-no-trabalho/normatizacao/normas-regulamentadoras>. Acessado em: 02/09/2018

BRASIL. Portaria nº 3214, de 8 de junho de 1978. *Aprova a norma regulamentadora nº 12 (Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos)*. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, v.1 1978l. Disponível em: <http://trabalho.gov.br/seguranca-e-saude-no-trabalho/normatizacao/normas-regulamentadoras>. Acessado em: 02/09/2018

BRASIL. Portaria nº 3214, de 8 de junho de 1978. *Aprova a norma regulamentadora nº 13 (Caldeiras, Vasos de Pressão e Tubulação)*. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, v.1 1978m. Disponível em: <http://trabalho.gov.br/seguranca-e-saude-no-trabalho/normatizacao/normas-regulamentadoras>

regulamentadoras. Acessado em: 02/09/2018

BRASIL. Portaria nº 3214, de 8 de junho de 1978. *Aprova a norma regulamentadora nº 14 (Fornos)*. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, v.1 1978n. Disponível em: <http://trabalho.gov.br/seguranca-e-saude-no-trabalho/normatizacao/normas-regulamentadoras>. Acessado em: 02/09/2018

BRASIL. Portaria nº 3214, de 8 de junho de 1978. *Aprova a norma regulamentadora nº 15 (Atividades E Operações Insalubres)*. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, v.1 1978o. Disponível em: <http://trabalho.gov.br/seguranca-e-saude-no-trabalho/normatizacao/normas-regulamentadoras>. Acessado em: 02/09/2018

BRASIL. Portaria nº 3214, de 8 de junho de 1978. *Aprova a norma regulamentadora nº 16 (Atividades E Operações Perigosas)*. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, v.1 1978p. Disponível em: <http://trabalho.gov.br/seguranca-e-saude-no-trabalho/normatizacao/normas-regulamentadoras>. Acessado em: 02/09/2018

BRASIL. Portaria nº 3214, de 8 de junho de 1978. *Aprova a norma regulamentadora nº 17 (Ergonomia)*. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, v.1 1978q. Disponível em: <http://trabalho.gov.br/seguranca-e-saude-no-trabalho/normatizacao/normas-regulamentadoras>. Acessado em: 02/09/2018

BRASIL. Portaria nº 3214, de 8 de junho de 1978. *Aprova a norma regulamentadora nº 18 (Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção)*. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, v.1 1978r. Disponível em: <http://trabalho.gov.br/seguranca-e-saude-no-trabalho/normatizacao/normas-regulamentadoras>. Acessado em: 02/09/2018

BRASIL. Portaria nº 3214, de 8 de junho de 1978. *Aprova a norma regulamentadora nº 19 (Explosivos)*. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, v.1 1978s. Disponível em: <http://trabalho.gov.br/seguranca-e-saude-no-trabalho/normatizacao/normas-regulamentadoras>. Acessado em: 02/09/2018

BRASIL. Portaria nº 3214, de 8 de junho de 1978. *Aprova a norma regulamentadora nº 20 (Segurança e Saúde no Trabalho com Inflamáveis e Combustíveis)*. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, v.1 1978t. Disponível em: <http://trabalho.gov.br/seguranca-e-saude-no-trabalho/normatizacao/normas-regulamentadoras>. Acessado em: 02/09/2018

BRASIL. Portaria nº 3214, de 8 de junho de 1978. *Aprova a norma regulamentadora nº 21 (Trabalhos a Céu Aberto)*. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, v.1 1978u. Disponível em: <http://trabalho.gov.br/seguranca-e-saude-no-trabalho/normatizacao/normas-regulamentadoras>. Acessado em: 02/09/2018

BRASIL. Portaria nº 3214, de 8 de junho de 1978. *Aprova a norma regulamentadora nº 22 (Segurança e Saúde Ocupacional na Mineração)*. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, v.1 1978v. Disponível em: <http://trabalho.gov.br/seguranca-e-saude-no-trabalho/normatizacao/normas-regulamentadoras>

regulamentadoras. Acessado em: 02/09/2018

BRASIL. Portaria nº 3214, de 8 de junho de 1978. Aprova a norma regulamentadora nº 23 (Proteção contra Incêndios). Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, v.1 1978w. Disponível em: <http://trabalho.gov.br/seguranca-e-saude-no-trabalho/normatizacao/normas-regulamentadoras>. Acessado em: 02/09/2018

BRASIL. Portaria nº 3214, de 8 de junho de 1978. Aprova a norma regulamentadora nº 24 (Condições Sanitárias e de Conforto nos Locais de Trabalho). Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, v.1 1978x. Disponível em: <http://trabalho.gov.br/seguranca-e-saude-no-trabalho/normatizacao/normas-regulamentadoras>. Acessado em: 02/09/2018

BRASIL. Portaria nº 3214, de 8 de junho de 1978. Aprova a norma regulamentadora nº 25 (Resíduos Industriais). Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, v.1 1978y. Disponível em: <http://trabalho.gov.br/seguranca-e-saude-no-trabalho/normatizacao/normas-regulamentadoras>. Acessado em: 02/09/2018

BRASIL. Portaria nº 3214, de 8 de junho de 1978. Aprova a norma regulamentadora nº 26 (Sinalização de Segurança). Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, v.1 1978z. Disponível em: <http://trabalho.gov.br/seguranca-e-saude-no-trabalho/normatizacao/normas-regulamentadoras>. Acessado em: 02/09/2018

BRASIL. Portaria nº 3214, de 8 de junho de 1978. Aprova a norma regulamentadora nº 28 (Fiscalização e Penalidades). Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, v.1 1978aa. Disponível em: <http://trabalho.gov.br/seguranca-e-saude-no-trabalho/normatizacao/normas-regulamentadoras>. Acessado em: 02/09/2018

BRASIL. Portaria nº 53, de 17 de dezembro de 1997. Aprova a norma regulamentadora nº 29 (Norma Regulamentadora de Segurança e Saúde no Trabalho Portuário). Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, v.1 1997. Disponível em: <http://trabalho.gov.br/seguranca-e-saude-no-trabalho/normatizacao/normas-regulamentadoras>. Acessado em: 02/09/2018

BRASIL. Portaria nº 34, de 4 de dezembro de 2002. Aprova a norma regulamentadora nº 30 (Segurança e Saúde No Trabalho Aquaviário). Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, v.1 2002. Disponível em: <http://trabalho.gov.br/seguranca-e-saude-no-trabalho/normatizacao/normas-regulamentadoras>. Acessado em: 02/09/2018

BRASIL. Portaria nº 86, de 3 de março de 2005. Aprova a norma regulamentadora nº 31 (Segurança e Saúde no Trabalho na Agricultura, Pecuária Silvicultura, Exploração Florestal e Aquicultura). Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, v.1 2005a. Disponível em: <http://trabalho.gov.br/seguranca-e-saude-no-trabalho/normatizacao/normas-regulamentadoras>. Acessado em: 02/09/2018

BRASIL. Portaria nº 485, de 11 de novembro de 2005. Aprova a norma regulamentadora nº 32 (Segurança e Saúde no Trabalho em Serviços de Saúde). Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, v.1 2005b. Disponível em: <http://trabalho.gov.br/seguranca-e-saude-no-trabalho/normatizacao/normas->

regulamentadoras. Acessado em: 02/09/2018

BRASIL. Portaria nº 202, de 22 de dezembro de 2006. Aprova a norma regulamentadora nº 33 (Segurança e Saúde nos Trabalhos em Espaços Confinados). Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, v.1 2006. Disponível em: <http://trabalho.gov.br/seguranca-e-saude-no-trabalho/normatizacao/normas-regulamentadoras>. Acessado em: 02/09/2018

BRASIL. Portaria nº 200, de 20 de janeiro de 2011. Aprova a norma regulamentadora nº 34 (Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção, Reparação e Desmonte Naval). Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, v.1 2011. Disponível em: <http://trabalho.gov.br/seguranca-e-saude-no-trabalho/normatizacao/normas-regulamentadoras>. Acessado em: 02/09/2018

BRASIL. Portaria nº 313, de 23 de março de 2012. Aprova a norma regulamentadora nº 35 (Trabalho em Altura). Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, v.1 2012. Disponível em: <http://trabalho.gov.br/seguranca-e-saude-no-trabalho/normatizacao/normas-regulamentadoras>. Acessado em: 02/09/2018

BRASIL. Portaria nº 555, de 18 de abril de 2013. Aprova a norma regulamentadora nº 36 (Segurança e Saúde no Trabalho em Empresas de Abate e Processamento de Carnes e Derivados). Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, v.1 2013. Disponível em: <http://trabalho.gov.br/seguranca-e-saude-no-trabalho/normatizacao/normas-regulamentadoras>. Acessado em: 02/09/2018

BRASIL. Portaria nº 1186, de 20 de dezembro de 2018. Aprova a norma regulamentadora nº 37 (Segurança e Saúde em Plataformas de Petróleo). Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, v.1 2013. Disponível em: <http://trabalho.gov.br/seguranca-e-saude-no-trabalho/normatizacao/normas-regulamentadoras>. Acessado em: 02/09/2018

CASELLI, A.; RIGHINI, G. *A branch-and-price algorithm for the multilevel generalized assignment problem*. Operations Research, vol. 54, pp. 1172–1184. 2006

DE FARIAS, I.R., JOHNSON, E.L., NEMHAUSER, G.L. *A generalized assignment problem with special ordered sets: a polyhedral approach*. Mathematical Programming Ser. A, vol. 89, pp. 187–203. 2000

ESCOLA NACIONAL DE INSPEÇÃO DO TRABALHO. Manual de auxílio na interpretação e aplicação da Norma Regulamentadora N.º 35 (Trabalho Em Altura). Brasília, 2018. Disponível em: <https://enit.trabalho.gov.br/portal/index.php/seguranca-e-saude-no-trabalho/sst-menu/sst-normatizacao/sst-nr-portugues?view=default> Acessado em: 11/02/2019

FERLAND, J.A. *Generalized assignment-type problems a powerful modeling scheme*. In: Burke, E.K. and Carter, M.W. (eds.). The Practice and Theory of Automated Timetabling II. Springer. 1997.

- FISHER, ML; JAIKUMAR, R. *A generalized assignment heuristic for vehicle routing*. Networks, vol. 11, pp. 109–124, 1981.
- FRENCH, A.P.; WILSON, J.M. *Heuristic solution methods for the multilevel generalized assignment problem*. Journal of Heuristics, vol. 8 pp. 143–153. 2002
- GAVISH, B.; PIRKUL, H. *Algorithms for the multi-resource assignment problem*. Management Science, vol. 37 pp. 695–713. 1991
- GERHARDT, TE; SILVEIRA, DT. *Métodos de pesquisa*. 1ª. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.
- GIL, AC. *Como elaborar Projetos de Pesquisa*. 5ª. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2010.
- GLOVER, F., HULTZ, H., KLINGMAN, D. *Improved computer based planning techniques*. Interfaces, 9 vol. f.4 pp. 12–20. 1979
- HAJRI-GABOUJ, S. *A fuzzy genetic multiobjective optimization algorithm for a multilevel generalized assignment problem*. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics-Part C: Applications and Review, vol. 33. pp. 214–224. 2003
- HARVEY, N.J.A., LADNER, R.E., LOVA´SZ, L., TAMIR, T. *Semi- matchings for bipartite graphs and load balancing*. Journal of Algorithms, vol. 59 f.1 pp. 53–78. Held, M. 2006
- HOLNESS, K.S.; DRURY, C.G.; BATTÀ, R. *A systems view of personnel assignment problems*. Human Factors and Ergonomics in Manufacturing, vol. 16, pp. 285–307, 2006.
- ILO. *Safety Culture at Work. Safety in numbers - Pointers for a global safety culture at work*. International Labour Office, Geneva, 2003. Disponível em https://www.ilo.org/safework/info/publications/WCMS_142840/lang--en/index.htm. Acesso em: 15 de novembro de 2018.
- KARAPETYAN, D; GUTIN, G. Local search heuristics for the multidimensional assignment problem. Journal of Heuristics, vol. 17, pp. 201–249, 2011.
- KOGAN, K., SHTUB, A., LEVIT, V.E. *DGAP – the dynamic generalized assignment problem*. Annals of Operations Research, vol. 69. pp. 227–239. 1997
- KUHN, H.W. *The hungarian method for the assignment problem*. Naval Research Logistics Quarterly, 2: 83–97. 1955
- LAGUNA, M., KELLY, J.P., GONZALEZ-VELARDE, J.L., GLOVER, F. *Tabu search for the multilevel generalized assignment problem*. European Journal of Operational Research, vol. 82. pp. 176–189. 1995
- LI, T. MA, Z. *The generalized quadratic assignment problem*. Technical report.

Department of Mechanical and Industrial Engineering, University of Toronto. 2003

MARTELLO, S.; TOTH, P. *The bottleneck generalized assignment problem*. European Journal of Operational Research, vol. 83 pp. 621–638. 1995

MAZZOLA, J.B. *Generalized assignment with nonlinear capacity interaction*. Management Science, vol. 35. pp. 923–941. 1989

MAZZOLA, J.B.; NEEBE, A.W. *Bottleneck generalized assignment problems*. Engineering Costs and Production Economics, vol. 14. pp. 61–65. 1988

MAZZOLA, J.B.; NEEBE, A.W. *The bottleneck generalized assignment problem*. Computers and Operations Research, vol. 20. pp. 355–362. 1993

MAZZOLA, J.B.; WILCOX, S.P. *Heuristics for the multi-resource generalized assignment problem*. Naval Research Logistics, vol. 48 pp. 468–483. 2001

NAUSS, R.M. *The elastic generalized assignment problem*. Journal of the Operational Research Society, vol. 55 pp. 1333–1341. 2004

NIKNAFS, A.; DENZINGER, J.; RUHE, G. *A Systematic Literature Review of the Personnel Assignment Problem*. Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists 2013 Vol II, IMECS 2013, March 13 - 15, 2013, Hong Kong

ONCAN, T. *A survey of the generalized assignment problem and its applications*. INFOR: Information Systems and Operational Research, vol. 45, pp. 123–141, 2007.

OSMAN, IH. *Heuristics for the generalized assignment: simulated annealing and tabu search approaches*. OR Spectrum, vol. 17, pp. 211–225, (1995).

PARK, J.S., LIM, B.H., LEE, Y. *A Lagrangean dual-based branch-and-bound algorithm for the generalized multi-assignment problem*. Management Science, vol. 44 pp. 271–282. 1998

ROSS, G.T; SOLAND, R.M. *A branch and bound approach for the generalized assignment problem*. Mathematical Programming, 8: 91–105. 1975

ROSS, G.T; ZOLTNERS, A.A. *Weighted assignment models and their application*. Management Science, v. 25 f.7 pp. 683–696. 1979

SAHNI, S; GONZALEZ, T. *P-complete approximation problems*. Journal of the ACM (JACM), vol. 23, pp. 555–565, 1976.

SHMOYS, D.B; TARDOS, E. *An approximation algorithm for the generalized assignment problem*. Mathematical Programming, 62 (3): 461–474. 1993

SILVA, ELD; MENEZES, EM. *Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação*. 4ª. ed. Florianópolis: Editora UFSC, 2005.

- TAHA, H.A. *Operations Research: An Introduction*, 10^aed. Pearson. 2017.
- TOKTAS, B., Yen, J.W. ZABINSKY, Z.B. *Addressing capacity uncertainty in resource-constrained assignment problems*. *Computers and Operations Research*, vol. 33 f. 3 pp. 724–745. 2006
- TOROSLU, IH. *Personnel assignment problem with hierarchical ordering constraints*. *Computers & Industrial Engineering*, vol. 45, pp. 493–510, 2003.
- WINSTON, W. L. *Operations Research: Applications and Algorithms*, 4^aed. Duxbury Press, 2004.
- YAGIURA, M; IBARAKI, T. *Recent metaheuristic algorithms for the generalized assignment problem*. *International Conference on Informatics Research for Development of Knowledge Society Infrastructure*, 2004, pp. 229–237.
- YAGIURA, M; IBARAKI, T. *Generalized assignment problem*, in *Handbook of Approximation Algorithms and Metaheuristics*, T. F. Gonzalez, Ed. Chapman & Hall/CRC in the Computer & Information Science Series, 2007, p. 11.
- YAGIURA, M., IWASAKI, S., IBARAKI, T., GLOVER, F. *A very large-scale neighborhood search algorithm for the multi-resource generalized assignment problem*. *Discrete Optimization*, vol. 1 pp. 87–98. 2004
- ZHANG, C-W. ONG, H-L. *An efficient solution to biobjective generalized assignment problem*. *Advances in Engineering Software*, vol. 38 pp. 50–58. 2007