



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação

Gustavo Nicolau Gonçalves

**Os caminhos das Senhoritas: estudo sobre
metodologia de desenvolvimento de software
com valores solidários numa cooperativa de
ciclo entregas.**

Campinas

2024

Gustavo Nicolau Gonçalves

Os caminhos das Senhoritas: estudo sobre metodologia de desenvolvimento de software com valores solidários numa cooperativa de ciclo entregas.

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação da Universidade Estadual de Campinas como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Elétrica, na Área de Engenharia de Computação.

Orientador: Romis Ribeiro de Faissol Attux

Co-orientador: Cristiano Cordeiro Cruz

Este exemplar corresponde à versão final da dissertação defendida pelo aluno Gustavo Nicolau Gonçalves, e orientada pelo Prof. Dr. Romis Ribeiro de Faissol Attux

Campinas

2024

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)
Biblioteca da Área de Engenharia e Arquitetura
Rose Meire da Silva - CRB 8/5974

G586c Gonçalves, Gustavo Nicolau, 1996-
Os caminhos das Senhoritas : estudo sobre metodologia de desenvolvimento de software com valores solidários numa cooperativa de ciclo entregas / Gustavo Nicolau Gonçalves. – Campinas, SP : [s.n.], 2024.

Orientador: Romis Ribeiro de Faissol Attux.
Coorientador: Cristiano Cordeiro Cruz.
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação.

1. Tecnologia social. 2. Algoritmos genéticos. 3. Problema de roteamento de veículos. 4. Pesquisa operacional. 5. Desenvolvimento de software. 6. Cooperativismo de plataforma. I. Attux, Romis Ribeiro de Faissol, 1978-. II. Cruz, Cristiano Cordeiro. III. Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação. IV. Título.

Informações Complementares

Título em outro idioma: The Paths of Senhoritas : a study on software development methodologies with solidarity values in a bicycle delivery cooperative

Palavras-chave em inglês:

Social technology

Genetic algorithms

Vehicle routing problem

Operations research

Software development

Platform cooperativism

Área de concentração: Engenharia de Computação

Titulação: Mestre em Engenharia Elétrica

Banca examinadora:

Romis Ribeiro de Faissol Attux [Orientador]

Celso Alexandre Souza de Alvear

Washington Alves de Oliveira

Data de defesa: 23-08-2024

Programa de Pós-Graduação: Engenharia Elétrica

Identificação e informações acadêmicas do(a) aluno(a)

- ORCID do autor: <https://orcid.org/0000-0001-6761-6908>

- Currículo Lattes do autor: <http://lattes.cnpq.br/8498681259303592>

COMISSÃO JULGADORA - DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Candidato: Gustavo Nicolau Gonçalves

RA: 265556

Data da Defesa: 23 de agosto de 2024

Título da Tese: "Os caminhos das Senhoritas: estudo sobre metodologia de desenvolvimento de software com valores solidários numa cooperativa de ciclo entregas."

Comissão Julgadora:

- Prof. Dr. Romis Ribeiro de Faissol Attux (**Presidente**)
- Prof. Dr. Celso Alexandre Souza de Alvear
- Prof. Dr. Washington Alves de Oliveira

A ata de defesa, com as respectivas assinaturas dos membros da Comissão Julgadora, encontra-se no SIGA (Sistema de Fluxo de Dissertação/Tese) e na Secretaria de Pós-Graduação da Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação.

Dedico este trabalho a todas pessoas que se empenham em desenvolver software para potencializar iniciativas solidárias. Que suas criações tecnológicas continuem a promover justiça, equidade e transformação social, inspirando um futuro mais colaborativo e inclusivo.

Agradecimentos

Gostaria de expressar minha profunda gratidão a todas as pessoas que fizeram parte dessa jornada. Só pude trilhar o caminho do mestrado aqui apresentado com a participação de pessoas queridas. Expresso aqui, então, uma parte dessa gratidão.

Primeiramente, agradeço profundamente ao meu orientador, professor Romis Ribeiro, por ter abraçado a ideia deste projeto e por sempre se posicionar a favor de uma universidade popular e voltada para o desenvolvimento social. Foi ele quem me apresentou alguém que partilha de sua visão e ideias e que aceitou me coorientar, o professor Cristiano Cruz. Ambos trouxeram aprendizados, sabedoria, conforto e apoio em inúmeros momentos. Sou eternamente grato por sua orientação.

Este projeto só foi possível graças ao voto de confiança e, posteriormente, ao acolhimento e à excelente relação de parceria junto à cooperativa Señoritas Courier. Gostaria de agradecer à Aline e a todas as pessoas que compõem essa cooperativa que tanto me inspira. Que nossa luta continue em colaboração e que nossa relação permaneça leve e respeitosa como uma boa amizade deve ser.

Adicionalmente, agradeço às pessoas do Núcleo de Tecnologia do MTST que foram importantes parceiras na construção deste projeto. Este movimento tem meu respeito e admiração.

O fazer solidário que este projeto tem como premissa só pode ser realizado em um ambiente universitário, dominado pela lógica capitalista, graças a pesquisadores que se propõem a fazer diferente. Assim como meus orientadores, gostaria de agradecer aos pesquisadores que contribuíram para minha formação: Alan Tygel, Celso Alvear, Lais Fraga, Rafael Grohmann, Valdinei Freire e Washington Oliveira. Essas pessoas trouxeram aprendizados e reflexões valiosas tanto ao projeto quanto à minha formação, seja por conversas, aulas ou participação nas bancas deste mestrado.

Agradeço meus colegas de laboratório e do grupo de estudos GEnPop por compartilharem comigo e serem pontos de apoio acadêmico, Alexandre Seidy, Alice Oliveira e Giordanno Bruno.

Um grupo especial de pessoas fez parte de uma experiência que antecedeu este trabalho, criando bases de pensamento para este caminho. Refiro-me às pessoas que compuseram o coletivo Virassol, do qual fiz parte entre 2021 e 2023. Agradeço a Alex Dionisio, Cristina Marchiori, Guilherme Prearo, Marina Abraão, Martineli Santos, Pedro Ferrão, Pedro Virgílio e Poliana Andrade pela parceria, trabalho e reflexões dessa experimentação

tão importante para mim.

Meus mais sinceros agradecimentos às pessoas que escolho como amigas e que fizeram parte desta jornada em reflexões, conversas, desabafos e construção de ideias. André Longo, Ana Luiza, Carlos Meirelles, Giovana Sachett, Marina Abraão, Pedro Ferrão, Pedro Furlan, meus sinceros agradecimentos.

Sou grato à minha psicóloga Marcelle Fernandes, que acompanhou minha saúde mental durante todo esse processo e me ajuda a cultivar o melhor de mim, me respeitando e aceitando.

À minha família, meus pais, Sirlene e José Nicolau, e irmãos, Augusto e Heloisa, agradeço pela compreensão e apoio. São pessoas que se preocupam comigo e, mesmo às vezes sem entender minhas escolhas, permanecem ao meu lado e buscam fazer o melhor que podem para me auxiliar.

Gostaria de agradecer às pessoas com quem partilho um companheirismo mais próximo, às pessoas com quem me relaciono romanticamente, que fizeram parte deste processo com cuidado, reflexões, proposições e sempre sendo um apoio. Andrógine Zago e Figura, agradeço imensamente por tudo.

Por fim, gostaria de agradecer a minha companheira de morada que me acompanha há mais de dez anos e com quem já passei por várias fases e com quem tive vários aprendizados, minha gata Melie muito obrigado.

Deixo minha mensagem de amor a todas essas pessoas maravilhosas que tornaram este processo do jeito que foi: cheio de aprendizado, luta e amor.

*“Quando você tem mais do que precisa, construa uma mesa mais longa,
não um muro mais alto.”*

(Autoria desconhecida)

“Eu me refaço, farto, descarto, de pé no chão, homem comum.

Se a bênção vem a mim, reparto, invado cela, sala, quarto.“

(Emicida, "Principia")

Resumo

Este trabalho investigou metodologias de desenvolvimento de software orientadas pelos valores da solidariedade. A pesquisa integrou-se à cooperativa de mulheres cis e pessoas trans cicloentregadoras Señoritas Courier e ao Núcleo de Tecnologia do MTST para desenvolver uma plataforma de entregas. Um dos principais resultados desse processo sociotécnico foi a criação de um algoritmo gerador de rotas baseado nos procedimentos de entrega já desenvolvidos pela cooperativa.

A intervenção foi estruturada em três etapas temporais: reconhecimento mínimo, primeira mínima intervenção empoderadora e aprofundamento e desenvolvimento. A primeira etapa visou estabelecer relações entre os grupos, além de obter e organizar as informações necessárias para o desenvolvimento da solução sociotécnica. Na etapa intermediária, o objetivo foi elaborar e introduzir uma mudança, com ou sem artefatos tecnocientíficos, no cotidiano de trabalho do coletivo, facilitando o desenvolvimento da solução final. Finalmente, a última etapa, de maior duração, focou na evolução das modificações e dos artefatos tecnocientíficos, culminando no desenvolvimento completo da solução final da intervenção.

Ao longo deste estudo, foi possível observar como a colaboração entre a academia, movimentos sociais e comunidades pode gerar impactos significativos. A experiência com a Señoritas Courier demonstrou que a tecnologia, quando desenvolvida com sensibilidade aos saberes locais e aos valores solidários, pode não apenas facilitar processos, mas também fortalecer autonomias e promover mudanças sociais e organizacionais. O processo sociotécnico não apenas culminou em um algoritmo que fizesse jus aos valores da cooperativa, mas também reforçou a importância de manter o controle sobre as decisões tecnológicas nas mãos das próprias trabalhadoras.

Palavras-chaves: roteamento solidário; algoritmos genéticos; metodologias de engenharia popular; tecnociência solidária; desenvolvimento de software; cooperativismo de plataforma.

Abstract

This study investigated methodologies for software development guided by solidarity values. The research was integrated with the cooperative of cis women and trans delivery cyclists, Señoritas Courier, and the Núcleo de Tecnologia do MTST to develop a delivery platform. One of the primary outcomes of this socio-technical process was the creation of a route-generating algorithm, built upon the delivery procedures already developed by the cooperative.

The intervention was structured into three temporal stages: minimal recognition, first empowering intervention, and deepening and development. The first stage aimed to establish relationships among the groups and gather necessary information for the socio-technical solution development. In the intermediate stage, the goal was to introduce a change, with or without technoscientific artifacts, into the collective's daily work, facilitating the final solution's development. Finally, the last, longer stage focused on evolving modifications and technoscientific artifacts, culminating in the complete development of the final intervention solution.

Throughout this study, it was observed how collaboration among academia, social movements, and communities can generate significant impacts. The experience with Señoritas Courier demonstrated that technology, when developed with sensitivity to local knowledge and solidarity values, can not only streamline processes but also strengthen autonomy and drive social and organizational change. The socio-technical process not only resulted in an algorithm that aligns with the cooperative's values but also emphasized the importance of keeping technological decision-making in the hands of the workers themselves.

Keywords: solidarity routing; genetic algorithms; popular engineering methodologies; solidarity technoscience; software development; platform cooperativism.

Lista de ilustrações

Figura 3.1 – Etapas da metodologia de intervenção	37
Figura 4.1 – Etapas gerais do algoritmo genético	50
Figura 4.2 – Exemplo de codificação para Problema Roteamento de Veículos, onde cada par de posições do vetor representa uma rota e os valores preenchidos representam o identificador do endereço a ser percorrido.	52
Figura 4.3 – Exemplo de cruzamento para Problema Roteamento de Veículos	54
Figura 4.4 – Exemplo de mutação para Problema Roteamento de Veículos	55
Figura 5.1 – Linha do tempo do projeto com destaque para principais acontecimentos e marcos.	59
Figura 5.2 – Fluxograma geral da cooperativa	79
Figura 5.3 – Fluxograma do processo de roteamento	80
Figura 5.4 – À esquerda vemos a tela de teste inicial que pode receber a planilha de dados do pedido e das bikers; à direita temos um exemplo de resposta do módulo gerador de rotas exibida na tela de teste	85
Figura 6.1 – Codificação da solução candidata representando endereços de entrega e biker responsável pela entrega	99
Figura 6.2 – Gráfico comparativo entre pontuação média e máxima por geração, com taxa de mutação em 100%	103
Figura 6.3 – Gráfico comparativo entre pontuação média e máxima por geração, com taxa de mutação em 10%	104

Lista de tabelas

Tabela 3.1 – Cronograma para o ano de 2023	39
Tabela 5.1 – Organograma Señoritas Courier.	72
Tabela 5.2 – Especificações técnicas Núcleo de Tecnologia do MTST	73
Tabela 5.3 – Especificações técnicas do módulo gerador de rotas	73
Tabela 5.4 – Comparação de fornecedores para serviços de coordenadas geográficas.	74
Tabela 5.5 – Comparação de fornecedores para serviços de distância entre dois pontos.	74
Tabela 5.6 – Comparação de fornecedores para serviços de obtenção de uma matriz de distância (ou tempo) entre vários pontos.	74
Tabela 5.7 – Análise de demanda de serviços de geolocalização	75
Tabela 5.8 – Caminhos algorítmicos - Categorização dos tipos de pedidos da Seño- ritas e seus respectivos problemas matemáticos	81
Tabela 5.9 – Análise de Esforço de Roteamento, Volumetria e Implementação Algo- rítmica	82
Tabela 6.1 – Comparação de métricas de qualidade das respostas do algoritmo ge- nético para diferentes operadores da etapa de Avaliação.	105
Tabela 6.2 – Etapas do algoritmo genético e operadores correspondentes	108

Sumário

1	Introdução	15
2	Quem conduz: personagens e perspectivas	19
2.1	Apresentação do autor	19
2.2	Señoritas Courier	22
2.3	Núcleo de Tecnologia do Movimento dos Trabalhadores Sem Teto	24
3	O roteiro: fundamentação teórica da metodologia	26
3.1	A questão da metodologia	26
3.2	Referências metodológicas e conceituais	29
3.2.1	Análise Ergonômica do Trabalho e metodologia GPERT	30
3.2.2	Desenvolvimento de <i>software</i> e o Portal Cidade de Deus	32
3.2.3	Design Participativo em projeto com bordadeiras na Colômbia	33
3.2.4	Dimensões do empoderamento	35
3.3	Proposição metodológica	36
3.3.1	Reconhecimento mínimo	37
3.3.2	Primeira mínima intervenção empoderadora	38
3.3.3	Aprofundamento e desenvolvimento	38
3.3.4	Cronograma	39
4	O veículo: fundamentação teórica de algoritmos genéticos	40
4.1	Pesquisa operacional	40
4.2	Problemas de roteamento	42
4.2.1	Problema do caixeiro viajante	44
4.2.2	Problema do roteamento de veículos	46
4.3	Estratégias de otimização e resolução de problemas	47
4.3.1	Algoritmos Genéticos	48
4.3.1.1	Codificação	51
4.3.1.2	Avaliação	52
4.3.1.3	Seleção	53
4.3.1.4	Cruzamento	53
4.3.1.5	Mutação	55
5	Diário de viagem: relato do projeto	57
5.1	Relações	60
5.1.1	Señoritas Courier	60
5.1.2	Núcleo de Tecnologia do MTST	65
5.2	Processo Sociotécnico	68

5.2.1	Reconhecimento mínimo	68
5.2.2	Primeira mínima solução empoderadora	83
5.2.3	Aprofundamento e desenvolvimento	86
5.3	Práxis	88
6	Veículo em revisão: Análise do algoritmo construído	94
6.1	Construção algorítmica	94
6.2	Experimentos	102
6.2.1	Análise da diversidade da população do algoritmo genético	102
6.2.2	Análise comparativa de operadores para etapa de Avaliação do algoritmo genético	104
6.3	Análise do Algoritmo	105
7	Marcas da jornada: Resultados e Análise da Metodologia	109
7.1	Análise crítica das etapas metodológicas	109
7.1.1	Análise do reconhecimento mínimo	110
7.1.2	Análise da primeira mínima intervenção empoderadora	112
7.1.3	Análise do aprofundamento e desenvolvimento	113
7.1.4	Análise geral da metodologia	115
7.1.4.1	Relações interpessoais e a construção de vínculos	115
7.1.4.2	Diálogo de saberes	116
7.1.4.3	Acordos	117
7.1.4.4	Compromissos acadêmicos e disputa pela universidade	119
7.2	Impactos da intervenção na Señoritas Courier	120
7.2.1	Promoção da inclusão sociotécnica	120
7.2.2	Valorização da diferença cultural	120
7.2.3	Nutrição de relações de qualidade	121
7.2.4	Partilha de competências técnicas	122
7.2.5	Prática de competências de pesquisa	123
7.2.6	Promoção da emancipação social e econômica	123
7.2.7	Cultivo de emancipação política	124
7.2.8	Aumento da consciência ambiental	124
	Considerações finais	125
	Referências	130

1 Introdução

Ao observarmos as recentes mudanças no mundo do trabalho, em decorrência da tecnociência capitalista, notamos que o processo de uberização tem atraído a atenção de pessoas pesquisadoras de áreas diversas. Para Antunes (2020a), a uberização é um processo no qual as relações de trabalho são cada vez mais individualizadas e invisibilizadas, o que leva à percepção de “prestação de serviços” do que antes era entendido como vínculo empregatício tradicional, acabando com direitos e assalariamento, e aumentando a exploração. Esse processo se consolida por meio de artefatos da Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC), que materializam as lógicas neoliberais na vida de milhares de pessoas trabalhadoras.

Diante desse cenário, torna-se essencial investigar as empresas que promovem e se beneficiam desse processo. Essas empresas, estruturadas em modelos de plataforma de trabalho, não apenas redefinem as relações laborais, mas também influenciam a organização social e econômica. O projeto Fairwork, composto por uma rede internacional de pessoas pesquisadoras, é responsável por avaliar as plataformas em diversos países e denunciar aquelas que precarizam os ambientes de trabalho. No Brasil, esse projeto avaliou dez das principais plataformas que operam aqui. A maior pontuação alcançada foi três, em uma escala máxima de 10 pontos (FAIRWORK, 2023). As notas avaliam princípios de justiça em pagamento, condições de trabalho, contratos, gerência e representação, conforme propostos pela própria Fairwork (FAIRWORK, 2024), evidenciando uma preocupante realidade de precarização do trabalho em nosso país.

Embora os impactos da uberização venham sendo estudados no Brasil (ABÍLIO, 2020; ANTUNES, 2020b), a quantidade de pessoas que trabalham em plataformas ainda não tem apuração confiável. O Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea) estima que sejam em torno de 1,5 milhão de pessoas trabalhadoras em serviços platformizados de transporte de passageiros e entregas (TOKARNIA, 2022). Essa falta de dados concretos dificulta a criação de políticas públicas eficazes para proteger essas pessoas, tornando ainda mais urgente a necessidade de estudos aprofundados e iniciativas que promovam condições de trabalho mais justas.

Em reação a esses avanços neoliberais, encarnados pelas plataformas digitais de trabalho, pessoas trabalhadoras têm desenvolvido iniciativas para criar suas próprias plataformas. Esse fenômeno social pode ser observado em diferentes partes do mundo, e tem sido estudado segundo perspectivas próximas, mas em alguma medida distintas, como cooperativismo de plataforma (SCHOLZ, 2016), plataformas de propriedade dos

trabalhadores (GROHMANN, 2022) e da Economia Solidária 2.0 (ALVEAR *et al.*, 2023). Entretanto, para a mudança real desses espaços de trabalho, a construção dessas novas tecnologias deve refletir valores diferentes das plataformas capitalistas. Assim, evidencia-se a necessidade de um outro processo tecnológico, que evoque os valores solidários e potencialize as iniciativas que lutam contra a precarização do trabalho.

Um exemplo de organização que enfrenta essa realidade é a cooperativa de ciclo entregas Señoritas Courier, composta exclusivamente por mulheres cis e pessoas trans, localizada na cidade de São Paulo. No documentário “Entregue como uma garota” (MARMO *et al.*, 2020), é apresentado o cotidiano de trabalho dessas pessoas que, sem depender de uma plataforma, realizam entregas por bicicletas, adotando uma organização distinta daquela predatória promovida pelas grandes plataformas. Entre seus objetivos, a cooperativa busca promover mudanças e combater às condições precárias de trabalho às quais estão expostas pessoas jovens negras e de periferia que são as principais representantes do ramo (RECK, 2022).

Com esse objetivo em mente, a Señoritas Courier buscou parcerias com a Unicamp (por meu intermédio), com o Núcleo de Tecnologia do Movimento dos Trabalhadores Sem Teto (NT-MTST) e com outras pessoas voluntárias, para construir uma plataforma de trabalho própria para ciclo entregas. Nessa plataforma, a prioridade é a consideração cuidadosa das necessidades e experiências das pessoas entregadoras, ou *bikers* como a cooperativa costuma se referenciar. Em janeiro de 2023, o projeto teve início, marcando o começo de uma nova fase para a Señoritas Courier.

Além de participar do processo colaborativo, contribuindo principalmente com o desenvolvimento do algoritmo de rotas que integra a plataforma, meu objetivo no projeto foi investigar metodologias de desenvolvimento de *software* com valores solidários. De uma parte, a pesquisa apresentada nesta dissertação propõe uma abordagem metodológica para desenvolvimento de *software* com valores solidários, aplicando-a e testando-a no (e aprimorando-a a partir do) contexto do projeto de plataforma da Señoritas Courier. De outra parte, esta pesquisa também analisa tanto o processo de intervenção junto à cooperativa quanto os produtos por ele gerados.

Este trabalho busca articular pesquisa e extensão, em uma perspectiva emancipadora, de tecnociência solidária. É por isso que pesquisa e intervenção se conformam mutuamente aqui. Por um lado, o projeto junto à Señoritas não é a mera aplicação de algo aprendido, construído e/ou desenvolvido, primeiro, teoricamente, mas é lugar também de construção de conhecimento e de definição de pautas de pesquisa acadêmica. Por outro lado, tampouco esta dissertação é a mera descrição de uma intervenção que tenha se dado de forma voluntarista e/ou acrítica, sem fundamentação ou ponderação teórica. Ao contrário, ela busca explicitar como a pesquisa e a atenção crítica constantemente pre-

sententes na intervenção – e materializadas mais claramente naquilo que chamaremos aqui de *práxis* – são fundamentais para a atuação que se construiu junto à Señoritas Courier. Nesse sentido, este mestrado tem também a pretensão tanto de disputar a pesquisa em engenharia elétrica e de computação para pautas e intervenções populares, quanto de evidenciar que isso é possível e que pode trazer frutos poderosos, seja no âmbito da extensão emancipadora, seja no da pesquisa técnica de qualidade e com compromisso social inequívoco.

A dissertação foi organizada de maneira a proporcionar uma compreensão progressiva dos temas abordados, e foi escrita utilizando linguagem inclusiva, para garantir a representatividade de pessoas de todos os gêneros, exceto quando nos referimos a pessoas com gênero especificado. O Capítulo 1, 'Quem conduz - Personagens e Perspectivas', apresenta os principais personagens desta pesquisa: o autor da dissertação; a cooperativa Señoritas Courier; e o Núcleo de Tecnologia do Movimento dos Trabalhadores Sem Teto (NT-MTST). No Capítulo 2, 'O roteiro - Fundamentação Teórica da Metodologia', discute-se uma abordagem metodológica para projetos de *software* com valores solidários, apresentando tanto a discussão teórica quanto a proposta metodológica desenvolvida. O Capítulo 3, 'O veículo - Fundamentação Teórica de Algoritmos Genéticos', explora o campo da Pesquisa Operacional e a abordagem de solução escolhida para o problema de roteamento da cooperativa. O Capítulo 4, 'Diário de viagem - Relato do projeto', traz relatos sobre o desenvolvimento do projeto, incluindo minha relação com as pessoas, a história do projeto e uma reflexão sobre a *práxis*. O Capítulo 5, 'Veículo em revisão - Análise do algoritmo construído', foca nos aspectos técnicos do desenvolvimento do módulo gerador de rotas. No Capítulo 6, 'Marcas da jornada - Resultados e Análise da Metodologia', realiza-se uma análise crítica da metodologia de intervenção e dos impactos deste projeto na Señoritas Courier. Finalmente, a conclusão retoma as principais contribuições do trabalho e propõe novos aprofundamentos.

Viajar é transformação. A pessoa que viaja não retorna a mesma: o caminho que se trilha se transforma, bem como as pessoas envolvidas nessa jornada. Trilhar novos caminhos é sempre um desafio, e apoiar-se nas experiências de outras pessoas que já viajaram nos ajuda a nos prepararmos melhor, além de nos dar a responsabilidade de organizar o conhecimento para as próximas viajantes. Ao traçarmos o caminho do desenvolvimento da plataforma Señoritas Courier, percebemos que a jornada acadêmica é muito mais do que a simples acumulação de conhecimentos teóricos e técnicos. É um processo de construção e nutrição de relações, de superação de obstáculos e de constante adaptação. Tal qual uma viagem que deixa marcas no trajeto percorrido, o aprendizado e as experiências vividas durante este projeto deixam rastros indeléveis, tanto no pesquisador quanto na cooperativa que o acolheu.

Convidamos a pessoa leitora a embarcar conosco nesta jornada, explorando os meandros de um projeto que vai além da tecnologia e adentra o campo das relações humanas e do trabalho solidário. Que esta leitura possa ser uma travessia enriquecedora, repleta de ideias e inspirações, assim como o foi, para mim, o trajeto percorrido para a realização deste estudo.

2 Quem conduz: personagens e perspectivas

Entre a origem e o destino, estende-se o caminho – seja ele concreto ou abstrato – uma narrativa temporal que registra a jornada de um ponto a outro, uma história de movimento e transformação. Entretanto, é na presença das pessoas caminhantes que o trajeto ganha significado e histórias únicas, cada passo sendo uma contribuição valiosa das perspectivas, motivações e valores daqueles que decidem percorrê-lo.

Neste capítulo, serão apresentados os principais personagens que trilharam os caminhos desta pesquisa, iniciando por mim, autor da dissertação, seguido pela cooperativa *Señoritas Courier* e pelo Núcleo de Tecnologia (NT) do Movimento dos Trabalhadores Sem Teto (MTST).

2.1 Apresentação do autor

Esta dissertação é o fruto da minha participação no projeto de construção da plataforma de entregas da cooperativa *Señoritas Courier*, uma jornada colaborativa. Os conhecimentos e produtos gerados ao longo desse processo são radicalmente coletivos e transcendem as fronteiras individuais de autoria. Contudo, a dissertação apresenta parte da perspectiva de que a ciência não é neutra e é, em alguma medida, conformada pelos valores de diferentes grupos de pessoas: aqueles que a financiam, aqueles que utilizam seus produtos, aqueles que a praticam, etc. Torna-se, então, essencial apresentar-me ao leitor, revelando os aspectos que constituem meu lugar de fala. Busco inspiração na apresentação de Sasha Costanza-Chock em seu trabalho *Design Justice* (2020) para introduzir minhas principais perspectivas e ajudar a pessoa que está lendo este texto a compreender o lugar de onde escrevo.

Sou uma pessoa bissexual e não monogâmica, identificada como homem branco cisgênero dentro das estruturas racistas e binárias de gênero que sustentam a sociedade brasileira, que é capitalista, racista, machista, heteronormativa, capacitista. Compreendo a estrutura de privilégios sociais, econômicos e políticos e também algumas das desvantagens, ainda que pequenas se comparadas aos bônus, que se instauram pela forma como sou lido e por como meu comportamento é recompensado ou desaprovado a cada vez que reafirmo ou nego os aspectos esperados para cada uma dessas categorias.

Durante a minha vida, cresci em terras roubadas dos povos Puri, Mbya e Tekohá (Guarani) (DIGITAL, 2024), que, hoje, são chamadas de cidades de Mauá, Santo André, Itatiba, Jundiaí, Campinas e, onde atualmente moro, São Carlos.

Minha educação teve, desde cedo, forte proximidade com as ciências ditas exatas. No Ensino Médio, estudei no Colégio Técnico de Campinas (COTUCA), tendo cursado o Técnico em Eletroeletrônica. No Ensino Superior, cursei Engenharia de Computação na Universidade de São Paulo, campus São Carlos. Embora, no ensino formal, eu tenha estado muito próximo das ciências ditas exatas, minha formação teve forte influência das atividades externas à sala de aula. Por exemplo, eu participei ativamente de organizações de representação estudantil, como a Secretaria Acadêmica da Engenharia de Computação (SAEComp) e o Centro Acadêmico Armando Salles de Oliveira (CAASO). Essas experiências propiciaram tanto uma formação política quanto uma aproximação dos debates das ciências ditas humanas.

Após me formar na graduação, ao final do ano de 2018, ingressei no mercado de trabalho onde atuei sempre muito próximo a áreas de automação, iniciando pela área de *DevOps* (automatizando infraestrutura), passando por *Robotic Process Automation* (RPA) (tecnologia para automatizar tarefas operacionais computadorizadas) e chegando a automações de testes ponta a ponta (onde me encontro atualmente). Foi a partir do choque entre experiências do mundo do trabalho com pensamentos de formações sociopolíticas anteriores que me fizeram questionar fortemente os papéis da automação em nossa sociedade.

Em um primeiro momento, os questionamentos me levaram a textos e reflexões sobre o fim do trabalho, ora catastróficos (com as crises da automação), ora utópicos (com as possibilidades de redução de horas de trabalho e os programas de renda básica universal). O estudo de Frey e Osborne (2013) analisou como a informatização pode impactar o mercado de trabalho, destacando que aproximadamente 47% das ocupações nos EUA correm risco de automação, especialmente as de menor salário e escolaridade. Por conta disso, o intuito inicial deste projeto de mestrado seria replicar o estudo realizado por Frey e Osborne para o contexto brasileiro. Entretanto, a leitura de *O Privilégio da Servidão* (2020a), de Ricardo Antunes, trouxe uma perspectiva menos tecnocentrada, abrindo novos caminhos para minha pesquisa.

Como o capital não se valoriza sem realizar alguma forma de interação entre trabalho vivo e trabalho morto, ele procura aumentar a produtividade do trabalho, intensificando os mecanismos de extração do sobretrabalho, com a expansão do trabalho morto corporificado no maquinário tecnológico-científico-informacional. (ANTUNES, 2020a, p. 35)

A partir de então, compreendi que a utilização de tecnologias que promovem automação de espaços de trabalho capitalistas tem como objetivo o aumento da extração de mais valia e, com isso, o aumento da exploração e precarização (das condições de trabalho e vida) da classe trabalhadora. Ao adentrar a pesquisa sobre a relação das tecnologias

com o mundo do trabalho, fui introduzido a estudos sobre uma realidade contemporânea em ascensão: a uberização. Trata-se de um processo que se utiliza de técnicas de automação, mas também vigilância e gestão algorítmica dos espaços de trabalho, promovendo a alienação e precarização das condições de trabalho.

Apesar do processo de uberização no Brasil ter sido impulsionado pela deterioração dos direitos trabalhistas promovidos pelos avanços neoliberais dos governos Temer e Bolsonaro, e agravados pela pandemia Covid-19, foi possível observar, na mesma época, movimentos de luta contra essas opressões. Um exemplo notável foi o Breque dos Apps (BENITES AFONSO, 2020), como ficou conhecido o movimento, organizado pelos Entregadores Antifascistas, de paralisação de pessoas entregadoras, reivindicando melhores condições de trabalho às plataformas. Esse evento mostrou que a organização social e o mundo do trabalho não são realidades dadas, mas sim elementos passíveis de disputa. Conheci, nessa época, o trabalho do pesquisador Rafael Grohmann, organizador da newsletter DigiLabour e professor da Universidade Scarborough Toronto, que investigava tanto as precarizações do mundo do trabalho (GROHMANN *et al.*, 2022) quanto novas alternativas a ela (GROHMANN, 2022). Pelos trabalhos de Grohmann, conheci pela primeira vez o, até então, coletivo de ciclo entregadoras da cidade de São Paulo, Señoritas Courier.

O livro *Cooperativismo de Plataforma* (2016), de Trebor Scholz, foi de grande importância para minha formação, pois abriu um leque de caminhos e novas perspectivas. Junto dessa referência, o cooperativismo (HOLYOAKE, 2000), a economia solidária (SINGER, 2008) e a tecnociência solidária (DAGNINO, 2019) foram as principais ideias impulsionadoras de uma nova busca minha que, por fim, se encontrou com a engenharia popular.

Durante esse período, participei também da fundação de um coletivo chamado Virassol, que foi criado com o propósito de desenvolver tecnologias em conjunto com outros grupos que partilhassem os valores da economia solidária. Participei de um projeto de construção de um site institucional junto à Rede Solidária Berço das Águas de Goiás, com objetivo de contar a história da Rede e impulsionar empreendimentos de economia popular (EEP) que dela fazem parte. No início do ano de 2023, a cooperativa entrou em pausa indeterminada, devido às agendas de seus participantes.

Assim como a confluência de diferentes cursos d'água forma um único rio, a construção do projeto deste mestrado foi resultado da conciliação de três perspectivas ou anseios diferentes. A primeira perspectiva que compôs o projeto foi meu anseio militante da potencialização de espaços de trabalho alternativos que pudessem ser concretizados por meio do processo tecnocientífico solidário que me proponho a realizar. O anseio seguinte foi meu interesse pelo aprofundamento técnico e profissional na construção de algoritmos e projetos de *software* solidários. Por fim, como jovem pesquisador, havia um grande inte-

resse em aprender a pesquisar a partir da perspectiva da engenharia popular e, quem sabe, contribuir com o alargamento do acervo de práticas/metodologias e outros conhecimentos que possibilitem à engenharia se associar a grupos, coletivos e movimentos, na luta por – e construção de – uma sociedade mais justa e igualitária.

O projeto foi, desde o início, abraçado e cuidadosamente orientado pelo professor Romis Attux e, em um segundo momento, também pelo professor Cristiano Cruz. Ambos têm minha eterna gratidão e respeito. A perspectiva de um caminho com passos nas engenharias e nas humanidades, como busquei fazer neste mestrado, ainda é pouco convencional em institutos de engenharia. Dessa forma, a aceitação e o interesse demonstrados pelos orientadores no projeto que eu propunha foi essencial para que eu embarcasse e realizasse essa jornada. Durante todo o desenvolvimento da pesquisa, eles se disponibilizaram a oferecer orientações quanto às metodologias para se conduzir um projeto junto a coletivos, às técnicas da pesquisa operacional para construir a solução algorítmica e ao refinamento de meu processo de escrita acadêmica. Eles foram essenciais tanto para o equilíbrio buscado neste trabalho entre o técnico e o humano, quanto para motivar em mim o desejo de um dia não fazer mais tão clara a distinção/segregação entre essas áreas. Além de excelentes mentores acadêmicos, foram constantemente encorajadores. Em todo o percurso deste mestrado, senti-me verdadeiramente cuidado e apoiado.

2.2 Señoritas Courier

Ao se explorar os registros digitais que a cooperativa Señoritas Courier disponibiliza em sua página de apresentação (SEÑORITAS..., 2024), pode-se encontrar, entre as matérias de jornais, documentários e artigos, um link para a *playlist* de músicas intitulada “Señoritas, uma playlist para entregas”. A trilha sonora ultrapassa um simples passatempo para os ouvidos, evocando os valores da cooperativa a cada faixa, trazendo a leveza, a força, a coletividade, o acolhimento, o cuidado e a luta que as pessoas que dela fazem parte carregam em suas bicicletas pela cidade de São Paulo. Como um canto de apresentação, a primeira música, “Salve Geral” (de Aláfia), traz em seu refrão uma declaração digna de abrir esta introdução sobre a Señoritas Courier para a pessoa quem estiver lendo este texto: “Com a nossa rapa, você não é capaz”.

Após uma situação de subjugação, na qual um cliente se recusou a fazer um pedido sob a suposição de que a distância seria longa demais para Aline Os, uma ciclo entregadora, a mesma compartilhou o ocorrido em suas redes sociais e obteve uma resposta surpreendente: várias outras entregadoras responderam que eram plenamente capazes de realizar a tarefa proposta. Nesse momento de solidariedade e inconformidade, Aline criou um grupo de Whatsapp chamado *Señoritas Courier* com o intuito de organizar um serviço

novo e inovador de ciclo entregas exclusivo para mulheres cis e pessoas trans (RECK, 2022).

Desde sua criação, em 2017, a Señoritas Courier fez parte da história de mais de 60 pessoas ciclo entregadoras (COURIER, 2022). O documentário “Señoritas Courier (Observatório do Cooperativismo de Plataforma)” (2021), produzido pelo Observatório do Cooperativismo de Plataforma, traz relatos de algumas dessas pessoas. É possível notar que as pessoas entrevistadas têm perfis etários diversos e que, por suas falas, o propósito inicial de acolhimento e colaboração sempre esteve muito presente na prática da cooperativa. Na fala da Aline, há um ponto interessante sobre a autonomia do grupo. Trata-se de uma preocupação com o compartilhamento dos conhecimentos das tarefas realizadas pela cooperativa, na busca por garantir que todas as pessoas que dela participam saibam realizar todas as atividades envolvidas na sua gestão e funcionamento.

Embora o serviço de entregas seja o ponto de união entre as pessoas que fazem parte da cooperativa, essa não é a única atividade promovida pelo grupo. A Señoritas Courier abre espaço para experimentações e novas ideias das pessoas que a compõem, buscando potencializar os saberes individuais em prol da cooperativa. São exemplos de tais atividades: passeios turísticos/culturais/históricos de bicicleta pela cidade de São Paulo; oficinas de mecânica básica de bicicletas; e a presença em eventos e palestras relacionados a assuntos pertinentes à cooperativa, na condição tanto de palestrantes quanto de participantes.

O estudo realizado por Yasmin Reck (2022), registrou um grande desafio enfrentado pelo grupo na época: horas de trabalho dedicadas à cooperativa que não são remuneradas. Atividades de gestão e participação em instâncias de decisão coletivas são exemplos desse tipo de trabalho excluído da divisão dos ganhos praticada pela Señoritas. Essa condição, somada a outros entraves financeiros, faz com que as pessoas do grupo tenham que complementar suas rendas com atividades externas à Señoritas Courier. Faz parte da luta do grupo superar esses desafios e, como veremos adiante na seção 5, a formalização como associação e como cooperativa foram passos importantes em sua jornada. Com isso, abriram-se possibilidades para aumento de serviços prestados pela cooperativa e conseqüentemente da receita, possibilitando aumento da remuneração e inclusão de atividades que, até então, não eram reconhecidas financeiramente na divisão do grupo.

A jornada coletiva da Señoritas Courier encontrou nos ideais do cooperativismo de plataforma uma possibilidade de caminho para avançar sua luta (DANIEL, 2022). A Señoritas Courier embarcou na jornada da inclusão digital, formação tecnológica e desenvolvimento de plataforma própria de ciclo entregas junto a um conjunto de grupos parceiros e pessoas voluntárias (GOLDSMAN, 2023). O objetivo desse projeto é continuar a luta pelo trabalho justo, mantendo as pessoas da cooperativa no controle das decisões e

da gestão, e ainda disponibilizar os produtos gerados a demais coletivos que partilhem dos ideais cooperativistas e solidários. É nessa busca da *Señoritas* que se inserem o presente mestrado e a parceria do Núcleo de Tecnologia do Movimento dos Trabalhadores sem Teto. É a este último que nos voltamos na próxima seção.

2.3 Núcleo de Tecnologia do Movimento dos Trabalhadores Sem Teto

O Movimento dos Trabalhadores Sem Teto (MTST) surge do acúmulo de experiências do Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra (MST) e das necessidades de organização de um movimento popular e de esquerda para atender às demandas de luta, por moradia, da população urbana (Núcleo de Tecnologia do MTST; Universidade de Toronto, 2023). Desde a sua fundação, em 1997, o MTST cresceu e expandiu a luta pelo cumprimento do papel social dos imóveis no contexto urbano, integrando-se, com isso, a novas frentes de lutas, como pelo avanço de direitos e pela melhoria da qualidade de vida de pessoas trabalhadoras. As cozinhas solidárias, que alimentam uma parcela da população urbana em condições de vulnerabilidade, são exemplo de novas atuações do movimento (COMUNICAÇÃO, 2021).

Para atender às variadas demandas, o movimento escolheu a estratégia de divisão da organização em coletivos políticos e setoriais. Dentre esses coletivos, encontra-se o Núcleo de Tecnologia (NT). Ele é uma iniciativa dedicada a explorar as possibilidades digitais e tecnológicas em prol do movimento. A origem dele veio do encontro de militantes com atuações profissionais nas áreas de tecnologia, com demandas de automação de processos dentro do movimento (Núcleo de Tecnologia do MTST; Universidade de Toronto, 2023). Um exemplo da atuação do NT foi o desenvolvimento do Contrato Quem Luta (CQL) (MTST; DOBKE, 2023), uma plataforma que busca conectar militantes do movimento com pessoas que precisam de alguma prestação de serviços (MTST, a).

Ainda que o desenvolvimento de soluções para o MTST seja parte fundamental da atuação do NT, esta transcende o Movimento, contemplando também atividades consideradas importantes para este, mas externas a ele. A educação popular integra fortemente o cerne do núcleo, sendo o fundamento metodológico para as formações de inclusão ou letramento digital que o NT oferece para militantes e organizações parceiras (MTST, c). Outra área de atuação é o desenvolvimento de jogos com temática crítica e política a situações enfrentadas por pessoas trabalhadoras. Exemplos desses jogos são: Imobilidade Urbana (MTST, b); Quem Tem Fome Tem Pressa (MTST, d); e Saindo Do Buraco (MTST, e).

Nessas suas atuações “extra-MTST”, o Núcleo de Tecnologia busca, fundamentalmente, fomentar grupos, coletivos e organizações parceiras que possuam alinhamentos com as lutas do MTST. Ele objetiva, com isso, contribuir com a desalinhamento das pessoas trabalhadoras, combinando, de um lado, o empoderamento propiciado pela educação popular com, de outro, o desenvolvimento dos meios de produção e comunicação emancipadores a serem operados por esses coletivos.

Além dos tipos de atuações já apresentados, o NT impulsiona ou apoia os grupos parceiros também por meio do desenvolvimento de *softwares* demandados por tais grupos. É essa sua frente de atuação que o leva à cooperativa Señoritas Courier e ao projeto deste de desenvolvimento de uma plataforma solidária de entregas. Ao lado disso, o NT oferece também formação tecnológica para as pessoas da Señoritas.

3 O roteiro: fundamentação teórica da metodologia

Por mais meticuloso e detalhado que seja um roteiro elaborado, ele nunca será capaz de prever ou, até mesmo, de descrever como as coisas se desenrolaram na prática, como foram experimentadas ou executadas, uma vez que a realidade muitas vezes transcende as previsões e expectativas inicialmente estabelecidas. Entretanto, examinar o plano inicial pode dizer muito sobre as primeiras intenções das pessoas que o elaboraram, e, após sua execução, é possível extrair aprendizados das falhas e acertos revelados pela prática.

Neste capítulo, será apresentada uma das principais questões deste projeto: qual seria uma possível abordagem metodológica para projetos emancipadores de *software* com valores solidários? Primeiramente, será apresentada a discussão que embasa e motiva a questão apresentada. Em seguida, serão introduzidas metodologias e projetos utilizados como referência para a proposição de uma abordagem a este projeto. Por fim, será apresentada a proposta metodológica desenvolvida, que conduziu o projeto de construção de algoritmo de rotas para integrar a plataforma de entregas da cooperativa Senhoritas Courier.

3.1 A questão da metodologia

O mundo do trabalho está em constante mudança. Isso, em parte, é provocado pela ação dos próprios atores sociais que a ele pertencem. Para Dagnino (2019), essas mudanças nos processos produtivos ao longo da história sempre foram uma combinação de ciência, tecnologia, religião, credices, resultado de tentativas e erros ou da observação empírica. É por isso que, para analisar esse processo, o autor abandona a separação dos conceitos de ciência e tecnologia, adotando, em seu lugar, o conceito de *tecnociência*.

Tecnociência é a decorrência cognitiva da ação de um ator social sobre um processo de trabalho que ele controla que permite uma modificação (qualitativa ou quantitativa) no produto gerado (no sentido genérico de output) passível de ser apropriada segundo o seu interesse.(DAGNINO, 2019, p.52)

Esse conceito também compreende a não neutralidade do processo tecnocientífico, ao denotar que o ator social que controla o processo produtivo traduz seus interesses e valores em mudanças correspondentes no mundo do trabalho. A partir do processo atual,

que decorre da ação do indivíduo capitalista sobre um processo de trabalho, Dagnino (2019) conceitua a tecnociência atual como capitalista. É essa tecnociência capitalista que produz os conhecimentos e as tecnologias necessárias para se seguir com o aprofundamento do capitalismo, e, com frequência, impossibilita a emersão ou o desenvolvimento de outros modos de vida, outras organizações sociais e outras estruturas econômicas. Em oposição a essa visão de tecnociência, existe uma abordagem que busca desenvolver conhecimentos e tecnologias para transformar ambientes de trabalho dentro de uma lógica cooperativa e solidária. Essa abordagem, que também prioriza preocupações relacionadas a questões de gênero, raça, meio ambiente e outros recortes importantes para a comunidade em que está inserida, é chamada tecnociência solidária.

Tecnociência solidária é a decorrência cognitiva da ação de um coletivo de produtores sobre um processo de trabalho que, em função de um contexto socioeconômico (que engendra a propriedade coletiva dos meios de produção) e de um acordo social (que legitima o associativismo), os quais ensejam, no ambiente produtivo, um controle (autogestionário) e uma cooperação (de tipo voluntário e participativo), provoca uma modificação no produto gerado cujo resultado material pode ser apropriado segundo a decisão da cooperativa (empreendimento solidário). (DAGNINO, 2019, p.61)

Assim, a perspectiva de Dagnino destaca que o processo tecnocientífico é também sociotécnico. Isso implica reconhecer não apenas a contribuição das pessoas envolvidas no desenvolvimento e controle desse processo para a criação de conhecimentos e artefatos, mas também o impacto desses conhecimentos e artefatos sobre essas pessoas e sobre a sociedade como um todo. Em outras palavras, além de influenciar a produção de tecnologia e conhecimento, as pessoas envolvidas no processo tecnocientífico são, por sua vez, influenciadas por ele, criando um ciclo dinâmico de interação entre as dimensões técnica, científica, social e cultural.

Portanto, a compreensão da tecnociência como um processo sociotécnico nos leva a uma importante reflexão sobre a incorporação efetiva dos valores nas etapas desse processo. Não basta apenas ter a intenção de incluir determinados valores na tecnociência para que ela os reflita; é fundamental refletir e incorporar esses valores no formato desse processo, na metodologia, implementação e prática tecnocientífica. Isso significa que a atenção aos valores não deve ser uma consideração tardia ou secundária, mas sim uma preocupação central e contínua ao longo de todo o ciclo de desenvolvimento tecnocientífico. Afinal, o processo em si é tão importante quanto os resultados obtidos a partir dele, uma vez que, por si só, já é transformador para os envolvidos. Ao longo desta dissertação, utilizaremos os termos 'tecnociência solidária' e 'processo sociotécnico', bem como seus derivados, para indicar processos sociais de transformação da realidade, nos quais a produção social e técnica estão intrinsecamente interligadas e pautadas em valores solidários.

Nesse contexto, o processo é transformador das pessoas envolvidas, já que é nele que questionamentos surgem, valores se evidenciam e escolhas são feitas para potencializar práticas de interesse ou melhorar pontos identificados. Enquanto os resultados finais buscam emular uma realidade a partir da intenção de seus participantes, é durante o processo de criação que se dá a análise crítica sobre o que será reproduzido, o que deve ser priorizado e quais aspectos merecem atenção especial para aprimoramento. Essas escolhas, permeadas por valores, não só moldam os produtos finais, mas também influenciam profundamente as pessoas envolvidas e os processos humanos que os conectam.

Essa questão é endereçada por Dagnino (2008) com o conceito da Adequação Sociotécnica (AST), que busca traçar um horizonte estratégico de apropriação e subversão de tecnociências capitalistas para contextos solidários.

No contexto da preocupação com os empreendimentos autogestionários, o processo de AST teria então por objetivo adequar a tecnologia convencional (e, inclusive, conceber alternativas) aplicando critérios suplementares aos técnico-econômicos usuais a processos de produção e circulação de bens e serviços em circuitos não formais, situados em áreas rurais e urbanas (como as Redes de Economia Solidária) visando a otimizar suas implicações. (DAGNINO, 2008, p.188)

A proposta da AST oferece um horizonte claro para projetos solidários. Porém, para nos aproximarmos dele, é necessário desenvolver caminhos, processos e práticas metodológicas potentes. Essa busca tem sido empreendida por pessoas pesquisadoras, movimentos e cooperativas, contribuindo para um repertório cada vez mais rico de abordagens. Este projeto de pesquisa, inserido no contexto de construção coletiva de metodologias, busca conceber e testar uma abordagem para o desenvolvimento de *software* com valores solidários. Inspirando-se em diversas dessas metodologias, a pesquisa visa elaborar uma estratégia que permita incorporar de forma efetiva os valores, práticas, experiências e saberes das cooperadas da Señoritas Courier ao *software* a ser utilizado em sua plataforma de entregas. Assim, o objetivo é não apenas produzir uma solução tecnológica, mas também contribuir para a emancipação e empoderamento dessas pessoas, promovendo uma verdadeira integração entre tecnologia e sociedade.

Para tanto, iniciei com uma pesquisa de projetos e metodologias de referência que pudessem mostrar caminhos para elaborar uma abordagem própria para o projeto. Posteriormente, no capítulo 6, será realizada uma análise do processo executado com base nos registros e resultados obtidos no projeto.

3.2 Referências metodológicas e conceituais

Na sequência da exploração teórica sobre o questionamento da ciência e tecnologia, esta seção se propõe a examinar experiências que buscaram traduzir esses questionamentos em projetos práticos e, dessa forma, levantam questões concretas sobre como podemos conduzir nosso próprio caminho.

Entre as experiências brasileiras que buscam traduzir o arcabouço teórico crítico da tecnociência solidária em projetos diversos de engenharia pelo país, destaca-se a Rede de Engenharia Popular Oswaldo Sevá (REPOS) (ARAÚJO *et al.*, 2021). Esse grupo reúne pessoas engenheiras e pesquisadoras, além de estudantes, de diversas regiões do Brasil. O trabalho da REPOS visa questionar e avançar criticamente as engenharias em prol do desenvolvimento social.

Fundada por indivíduos engenheiros e estudantes descontentes com a falta de engajamento crítico nos cursos de engenharia, a REPOS busca transformar a engenharia tradicional em uma prática comprometida com a educação popular e a pesquisa-ação extensionista. Essa transformação é impulsionada pelos Encontros Nacionais e Regionais de Engenharia e Desenvolvimento Social (ENEDS / EREDS), nos quais pessoas engenheiras se reúnem para discutir e repensar o papel da engenharia na sociedade. Ao colaborar com movimentos sociais e grupos populares, a REPOS busca suprir as necessidades negligenciadas pelas abordagens convencionais da engenharia, promovendo a democratização do conhecimento e o diálogo entre equipes técnicas e comunidades.

Embora diversa em pensamentos e perspectivas, a REPOS compartilha um compromisso central: a transformação social pela engenharia. Um dos conceitos discutidos dentro dessa perspectiva é o do Engenheiro Educador (FRAGA *et al.*, 2011; CRUZ, 2019), um perfil profissional que se propõe não como detentor de todos os conhecimentos ou como uma figura libertadora dos sujeitos oprimidos, mas sim como parceiro de uma luta já em curso, tocada por grupos como a Señoritas Courier.

Nas subseções seguintes, são apresentados projetos que foram tomados como referência para construção da metodologia deste trabalho. A última subseção, foi incluída para auxiliar, no capítulo 7, a análise da metodologia proposta. Analisar essas experiências me trouxeram ideias sobre o que implementar e o que evitar, aprendendo com os acertos e erros dessas iniciativas. Optei por estudar projetos de membros da REPOS, devido à afinidade de ideias e à contextualização nacional, o que os torna mais alinhados com meus objetivos. Além disso, um projeto internacional também foi abordado, escolhido por compartilhar valores similares e por sua abordagem estar enraizada em uma perspectiva decolonial, aspecto interessante para a minha proposta.

3.2.1 Análise Ergonômica do Trabalho e metodologia GPERT

Começo a análise explorando a experiência do Grupo de Pesquisa em Empresas Recuperadas pelos Trabalhadores (GPERT)(ARAÚJO *et al.*, 2019), e que é composto por sujeitos pesquisadores que também integram a REPOS. Em especial, tive o enfoque na proposta metodológica elaborada pelo GPERT, que visa oferecer assessoria técnica à empresas recuperadas por pessoas trabalhadoras.

Essa escolha se fundamentou em dois motivos principais. Primeiramente, o desafio que enfrento não se limita a um conjunto rígido de requisitos a serem simplesmente programados, mas sim em compreender a realidade da Señoritas courier e em tomar decisões colaborativas junto a cooperativa para transformar seu ambiente de trabalho. Com isso, a atividade de assessoria técnica pode em muito me auxiliar. O segundo motivo é a experiência que o GPERT traz com empresas recuperadas por trabalhadores, perspectiva parecida com a da cooperativa que irá deter a propriedade de sua própria plataforma de trabalho. Assim essas ideias puderam me ajudar a construir uma proposta de metodologia própria.

A metodologia proposta pelo GPERT é fundamentada em três pilares principais. O primeiro deles é a AST (Adequação Sociotécnica), conceituada anteriormente. O segundo é a pesquisa-ação, como paradigma de investigação que permite a interação direta entre pessoas pesquisadoras e trabalhadoras envolvidas, promovendo a cocriação de soluções e o aprendizado mútuo. O último pilar é a Análise Ergonômica do Trabalho (AET), que busca compreender as interações de pessoas trabalhadoras em seus ambientes de trabalho.

Pelo olhar da atividade, observamos os saberes e valores em jogo no trabalho e trazemo-nos para o debate coletivo. É desse debate que surgem os alicerces para o desenvolvimento de tecnologias sociais que poderão incorporar saberes e valores pertinentes para cada contexto (ARAÚJO *et al.*, 2019, p. 50).

Aprofundando-me no pilar da AET, compreendi que ela combina observação participante e pesquisa etnográfica para compreender os valores e saberes que permeiam uma atividade do trabalho. Isso implica, no caso deste projeto, na necessidade de uma observação atenta à cooperativa e sua atividade de elaboração de rotas, para compreender tanto o processo em si, quanto os valores e saberes exercitados pela Señoritas. Com isso, busquei integrar esses princípios e conhecimentos do grupo ao novo processo de construção automática das rotas com o algoritmo, visando preservá-los e, quiçá, potencializá-los.

A organização da AET em etapas pode ser apresentada como (ARAÚJO *et al.*, 2019, p. 52):

1. Análise da Demanda: Entrevistas são conduzidas com diversos setores e com pessoas desempenhando diferentes papéis dentro da organização, para identificar perspectivas variadas sobre os problemas enfrentados.
2. Análise do Funcionamento Global da Empresa: Pesquisas são realizadas para entender o funcionamento global da empresa, adicionando dados e informações às entrevistas anteriores, de modo a validar ou contestar as primeiras percepções. Nessa etapa, as primeiras hipóteses começam a ser formuladas.
3. Análise da Tarefa e Primeiras Aproximações da Atividade: Uma situação de trabalho crítica é selecionada para ser transformada. Uma investigação aprofundada é realizada, em torno a ela, para compreender as causas fundamentais da demanda do estudo. Esta etapa culmina com um pré-diagnóstico.
4. Observações Sistemáticas: São realizadas observações detalhadas e sistemáticas das operações de trabalho crítica selecionada.
5. Recomendações: Propostas de mudanças são formuladas para contribuir com a resolução dos problemas identificados nessa situação crítica específica.

As experiências do GPERT ressaltam a importância de dedicar atenção ao novo processo (ou solução) em construção, cujos impactos (ou, ao menos, parte deles) não podem ser antecipados apenas com as observações da atividade presente. A forma sugerida pelo grupo de pesquisa para se haver com isso é simular o processo futuro de forma interativa, projetando e reprojando, à medida que surgem novas recomendações vindas do diálogo com o grupo.

Em suma, o estudo da metodologia proposta pelo GPERT evidenciou a importância que a imersão na realidade de um grupo tem para elaborar um diagnóstico e proposta de mudança em um processo produtivo. Realidade que, para ser compreendida de forma holística, deve ser investigada tanto pela perspectiva global da organização quanto pelo detalhamento da atividade de trabalho em si observada. Além disso, para AET, entrevistas são importantes para esse mapeamento. Contudo, é na observação da atividade na prática que aspectos importantes aparecem, tornando interessante, assim, a combinação de entrevistas e observações *in loco* para se analisar os processos.

A análise das experiências do GPERT indica um caminho que prioriza o processo atual de elaboração das rotas pela cooperativa para o desenvolvimento do algoritmo, em vez de partir diretamente da literatura. Nessa abordagem, os conhecimentos acadêmicos são vistos como um apoio, e não como o ponto de partida. Para tanto, há necessidade de imersão na realidade da Señoritas Courier, suas atividades, dinâmicas sociais, pessoas

e seus papéis. Por fim, há uma preocupação interessante com as mudanças que um novo processo pode causar.

Entretanto, a proposta estudada limita-se às recomendações de mudança da atividade, enquanto a intervenção que realizei teve como objetivo identificar e também implementar essas mudanças. Dessa forma, continuei os estudos metodológicos com projetos de *software* que buscam, além de compreender e recomendar, de fato, implementar em código mudanças nos processos de um grupo ou organização.

3.2.2 Desenvolvimento de *software* e o Portal Cidade de Deus

O passo seguinte na análise de metodologias foi direcionar o estudo para responder perguntas levantadas na seção 3.2.1: como, além de compreender uma realidade, implementar *software* em conjunto com um grupo? Como se atentar a mudanças em curso, ao desenvolver *software*? Buscando responder essas questões, optei por estudar metodologias de desenvolvimento de *software* que possam oferecer perspectivas e diretrizes para a nossa abordagem. Iniciei pelas metodologias ágeis, amplamente utilizadas na indústria e, em seguida, analisei um projeto com valores solidários.

Ao explorar as práticas metodológicas comuns no desenvolvimento de *software* de tecnociências convencionais, deparei-me inicialmente com as metodologias ágeis, como Scrum ou Extreme Programming (XP) (SUTHERLAND, 2014; BECK, 2000). Essas abordagens são assim denominadas por se fundamentarem nos princípios e ideias do Manifesto Ágil (BECK *et al.*,), concebido em 2001 por profissionais do desenvolvimento de *software*.

Uma característica marcante dessas abordagens é sua capacidade de se adaptar às mudanças, organizando as atividades em ciclos rápidos que permitem uma resposta ágil às transformações em curso. Esse quesito se mostra interessante para lidar com o questionamento de como se haver com o processo de elaboração de rotas em transformação da Señoritas Courier. Entretanto, embora essas metodologias incorporem estratégias de participação que envolvam pessoas além das desenvolvedoras, elas tendem a priorizar os chamados indivíduos donos do produto, que costumam estar fortemente alinhados aos interesses comerciais das empresas, enquanto outras pessoas importantes, como usuárias, são envolvidas de maneira indireta. Essa prática pode resultar em uma imposição tecnológica às pessoas usuárias.

Embora as metodologias ágeis sejam amplamente utilizadas em processos tecnocientíficos convencionais e busquem incorporar aspectos participativos, há um desalinhamento significativo com as práticas solidárias. A saída encontrada foi estudar um projeto de tecnociência solidária de *software* que dialogasse com as metodologias ágeis de forma crítica. Para tanto, me direcionei à experiência de construção de portal comunitário

para a Cidade de Deus, conduzida por Alvear (2014), que também é membro da REPOS.

Na contramão do foco excessivo sobre o produto final que as metodologias ágeis colocam, Alvear (2014) destaca a importância que o processo sociotécnico tem para além dos artefatos ou de alguns (bons) resultados alcançados. Isso fica evidente em seu estudo sobre o projeto do portal, ao demonstrar uma preocupação particular com as dinâmicas entre os grupos participantes da Cidade de Deus. A transformação das relações e o processo colaborativo entre os grupos tiveram destaque tão grande quanto o próprio portal desenvolvido.

Ao desenvolver um sistema de informação, é importante identificar essas hierarquias e grupos, e considerá-los no processo, mesmo que se busque, com o sistema, diminuir a desigualdade de poder, abrindo espaços para uma democracia mais participativa e direta. (ALVEAR, 2014, p. 137)

Em complementação ao caminho fornecido pelas metodologias ágeis para, ao mesmo tempo, envolver os participantes no projeto e se atentar às mudanças em curso, Alvear sugere o uso de protótipos e do *design by doing* (ou *design in use*) para o levantamento de requisitos. Essas práticas permitem a identificação de demandas das pessoas usuárias ao longo do processo, descortinando as possibilidades e limites da tecnologia.

Uma preocupação que surge com a análise dessa experiência diz respeito à utilização da tecnologia pelo grupo após a conclusão do processo tecnocientífico solidário, especialmente, quando a equipe desenvolvedora se desvincula do projeto. Além de considerar a participação das pessoas durante a fase de desenvolvimento, é crucial pensar em estratégias para compartilhar o conhecimento sobre o produto final. Sem isso, existe o risco de que as pessoas usuárias finais acabem não incorporando a utilização dos produtos gerados no processo às suas práticas cotidianas.

3.2.3 Design Participativo em projeto com bordadeiras na Colômbia

O estudo de experiências voltadas a *software* mostraram caminhos interessantes para a condução do processo sociotécnico junto à Señoritas. Para ampliar essa perspectiva, selecionei uma última experiência como referência para este projeto. Optei por um projeto internacional que compartilha valores compatíveis com os meus e se originou em um país da América do Sul. Essa escolha se baseia na proximidade cultural e na abordagem decolonial, aspectos essenciais para minha proposta.

A experiência estudada foi realizada por um grupo de pessoas pesquisadoras da Universidade Javeriana de Bogotá, Colômbia, (CORTÉS-RICO; PIEDRAHITA-SOLÓRZANO, 2015) que desenvolveu um trabalho de construção participativa em colaboração com um grupo de pessoas bordadeiras locais. Inicialmente, as pessoas pesquisadoras

planejavam criar uma máquina que automatizasse o processo de bordado, mas, ao imergir na realidade local, perceberam que as pessoas bordadeiras não desejavam máquinas que as substituíssem. Além do risco de apropriação por outras pessoas e consequente perda da identidade cultural, o bordado desempenha um papel crucial na comunidade, promovendo dinâmicas sociais próprias entre as pessoas participantes, como o compartilhamento de técnicas e o convívio social da atividade. Diante desse contexto, o projeto foi reformulado, resultando na criação de uma interface de usuário tátil que permite que às bordadeiras testarem padrões de bordado em dispositivos móveis antes de realizarem o bordado físico. Essa abordagem não apenas oferece suporte às bordadeiras, mas também contribui para a preservação da tradição local, ao mesmo tempo em que economiza material, já que os testes digitais não consomem materiais físicos.

A imersão na realidade local desempenhou um papel fundamental no sucesso do projeto, permitindo à equipe uma compreensão mais profunda das necessidades, desafios e dinâmicas culturais das pessoas bordadeiras. A presença de profissionais da antropologia na equipe e a realização de oficinas colaborativas proporcionaram uma troca de aprendizado significativa entre pessoas pesquisadoras e bordadeiras, estabelecendo uma relação de confiança e empatia mútua. Essa abordagem facilitou a identificação de soluções que verdadeiramente atendessem às demandas das bordadeiras, ao mesmo tempo em que valorizava e respeitava suas práticas tradicionais e seus conhecimentos.

Além disso, a escolha de práticas do Design Participativo foi essencial para o processo, pois permitiu que as bordadeiras não apenas fossem consultadas, mas participassem ativamente de todas as etapas do projeto. Sob essa perspectiva, as bordadeiras foram vistas como cocriadoras da solução, contribuindo com ideias, *feedbacks* e testes que enriqueceram o processo de *design* e resultaram em uma solução mais adequada e relevante para suas necessidades e contextos específicos. Essa abordagem colaborativa e inclusiva garantiu que a solução final fosse verdadeiramente coletiva e alinhada com os valores e práticas das bordadeiras.

O projeto foi organizado metodologicamente em quatro marcos iterativos, incrementais e abertos, visando alcançar um design tecnológico bem-sucedido: reconhecimento e reflexão; ideação; prototipagem; e experimentação. A abordagem iterativa implicava que o processo de design exigia mais de um ciclo de idas e vindas, com uma conexão entre os marcos. Essa conexão implicava na reflexão de todas as ideias prototipadas e experimentadas, reconhecendo como diferentes partes interessadas reagem aos protótipos e como essa reação remodelava a pesquisa. A abordagem incremental buscava uma melhor representação das comunidades envolvidas no design, significando que, quanto maior a imersão no projeto, mais fácil seria transformar ideias em artefatos culturalmente relevantes. O passo entre um ciclo e outro ocorria quando o design sofria uma

mudança significativa: uma adição ou remoção de ideias anteriores, ou a constatação de que algumas ideias eram justificadamente excluídas ou novas ideias eram incorporadas. As ideias excluídas podiam se tornar contra-exemplos, ajudando a reconhecer problemas dentro das comunidades ou da própria tecnologia. Por fim, a busca por marcos abertos considerava que os resultados não se limitavam a artefatos finalizados, mas almejavam um empoderamento da comunidade, facilitando a apropriação das tecnologias projetadas e o desenvolvimento local de novas tecnologias sociais sustentáveis. Esse empoderamento e apropriação levaram a um processo de *design* contínuo, enquanto os artefatos estavam sendo utilizados.

3.2.4 Dimensões do empoderamento

Estudar experiências inspiradoras foi essencial para construir uma abordagem que partisse de aprendizados sistematizados e tivesse como objetivo empoderar a cooperativa Señoritas Courier. Entretanto, além de avaliar os produtos gerados ao final da intervenção, compreendo que é igualmente importante avaliar os impactos de empoderamento na cooperativa. Para tanto, foi importante estudar a proposta de Kleba e Cruz (2022), que, além de trazer uma reflexão sobre empoderamento e emancipação, sistematiza oito dimensões a partir das quais (ou segundo as quais) se pode avançar o empoderamento do grupo ou comunidade local, a partir de intervenções sociotécnicas.

Os autores partem da definição clássica de empoderamento, que o enxerga como um processo social no qual as pessoas e grupos/comunidades ganham controle sobre suas próprias vidas, destrinchando oito frentes ou sentidos diferentes dele – que são (ou podem ser) complementares e mutuamente reforçadores –, quando se pensa em intervenções sociotécnicas.

Sinteticamente, essas dimensões ou sentidos do empoderamento seriam:

- a. **Promover a inclusão sociotécnica:** Garantindo condições fundamentais de uma existência humana mais digna através do desenvolvimento ou difusão tecnológica para atender necessidades básicas (e entendidas como tais pelo grupo ou comunidade local), como acesso à água potável ou energia.
- b. **Valorizar a diferença cultural:** Reconhecendo e apoiando modos de vida plurais, cujas cosmovisões, valores, ideais e conhecimentos próprios se busca incorporar não apenas às soluções sociotécnicas que serão (co)construídas, mas também à própria prática da intervenção e às disciplinas de engenharia que a subsidiam.
- c. **Nutrir relações de qualidade:** Fortalecendo relações baseadas em confiança e respeito mútuo – do grupo ou comunidade local entre si e com a equipe de inter-

venção –, buscando equidade e o fortalecimento do diálogo de saberes ao longo de todo o processo projetivo.

- d. **Partilhar competências técnicas:** Ensinando conhecimento técnico para tornar o grupo mais autônomo, permitindo a manutenção e o aprimoramento da solução (co)construída pelo grupo ou comunidade local.
- e. **Praticar competências de pesquisa:** Compartilhando conhecimentos e habilidades relacionadas à construção de conhecimento e à auto-organização, promovendo a autodeterminação sociotécnica.
- f. **Promover emancipação social e econômica:** Apoiando a comunidade na identificação e encaminhamento das questões sociais e econômicas próprias, de acordo com seus próprios talentos, necessidades e desejos.
- g. **Cultivar a emancipação política:** Desenvolvendo potencialidades políticas da comunidade e apoiando a construção de alianças dela com outros atores sociais que a fortaleçam nas disputas sociotécnicas e políticas que ela precisar travar.
- h. **Aumentar a consciência ambiental:** Apoiando o compromisso ou promovendo a responsabilidade do grupo ou comunidade em relação à sustentabilidade ambiental, desenvolvendo tecnologias ambientalmente amigáveis e sustentáveis, além de espaços e formas de vida mais resilientes em face, por exemplo, às mudanças climáticas.

A partir dessa perspectiva e sistematização do empoderamento, trarei uma discussão sobre o impacto da intervenção às pessoas cooperadas da Señoritas Courier na seção 7.

3.3 Proposição metodológica

A partir das reflexões apresentadas nas subseções anteriores, elaborei a abordagem metodológica utilizada para a construção do algoritmo gerador de rotas da plataforma Señoritas Courier. Em busca de se construir um processo participativo, incremental e atento às mudanças em curso, optei por uma divisão temporal em três períodos, com focos de atuação diferentes, porém complementares. Nomeei a cada uma dessas etapas como: reconhecimento mínimo; primeira mínima intervenção empoderadora; e, por fim, aprofundamento e desenvolvimento. Elas estão apresentadas na Figura 3.1.

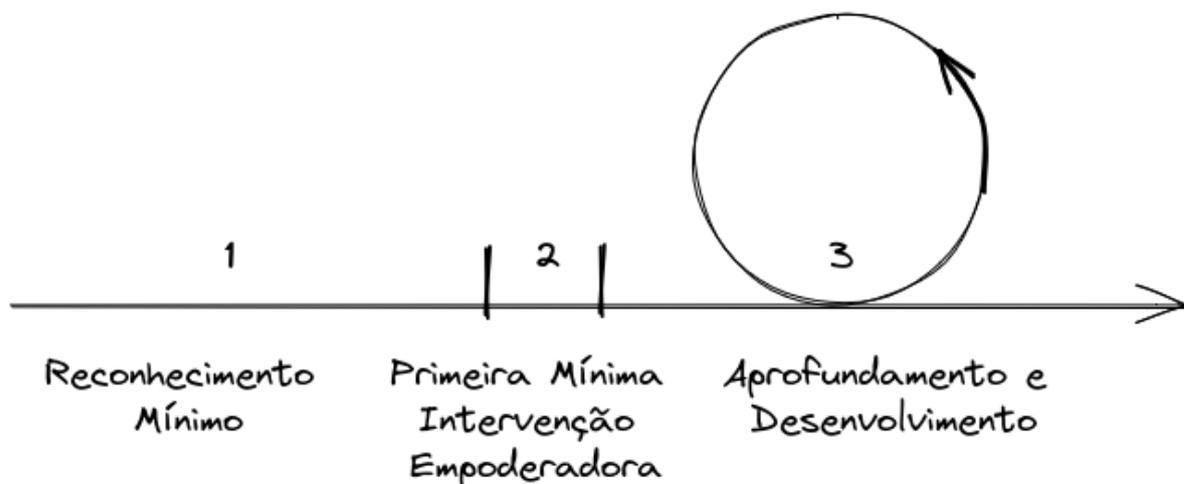


Figura 3.1 – Etapas da metodologia de intervenção

3.3.1 Reconhecimento mínimo

A primeira etapa da metodologia proposta busca construir as bases do projeto, as quais sustentarão as etapas seguintes. Nesse momento inicial, o objetivo é construir uma relação de confiança e cooperação entre os grupos envolvidos e também organizar as informações e ações necessárias para que a intervenção possa ser consolidada nas etapas posteriores.

Na seção 3.2, destaquei a importância da participação ativa das pessoas nos processos sociotécnicos, especialmente daquelas inseridas nos grupos envolvidos. No entanto, para que essa participação seja efetiva, é fundamental estabelecer relações sólidas e de confiança entre os envolvidos. Construir essa confiança requer tempo, muitas trocas e uma compreensão profunda dos processos, contextos e realidades da cooperativa. Esse processo pode envolver diversas reuniões e encontros para alinhar expectativas, objetivos e compreender como o grupo se organiza, identificando os papéis e responsabilidades de cada pessoa envolvida.

Além disso, é crucial realizar ações preliminares antes mesmo de iniciar o desenvolvimento de código. Isso inclui atividades como mapeamento das necessidades e expectativas do grupo, definição de escolhas técnicas, acordos sobre etapas e caminhos a seguir, bem como estabelecimento de diretrizes e materiais a serem elaborados em conjunto. Essas medidas iniciais ajudam a estruturar um caminho claro para o desenvolvimento do projeto, garantindo que todas as partes interessadas estejam alinhadas e engajadas desde o início. As escolhas das atividades a serem desempenhadas surgem das próprias demandas que aparecem durante essa etapa.

Embora a etapa inicial do projeto não determine rigidamente as seguintes, ela serve como uma base sólida sobre a qual as próximas etapas puderam ser construídas e

desenvolvidas.

3.3.2 Primeira mínima intervenção empoderadora

A primeira etapa da metodologia termina com a proposta de uma primeira intervenção, acordada entre os grupos e construída e sustentada a partir das informações organizadas pelos entregáveis. O objetivo dessa segunda etapa é implementar essa primeira alteração no processo de trabalho da cooperativa para introduzir uma mudança preparatória a ser aprofundada e desenvolvida na última etapa da intervenção. Há o desejo de que, mesmo sendo uma mudança pequena, ela possa colaborar com o empoderamento do grupo.

Essa mudança preparatória, denominada primeira mínima intervenção empoderadora, pode tomar a forma da introdução de um artefato tecnocientífico ou de readequação de alguma parte do processo de modo a estabelecer um ponto de partida para a etapa seguinte. A motivação por trás dessa escolha metodológica veio da preocupação em proporcionar um formato incremental e atento às mudanças em curso no processo de trabalho da cooperativa.

Os passos específicos e a definição de conclusão dessa etapa são definidos na etapa anterior. Houve a intenção de que essa etapa fosse curta em tempo, para que houvesse maior dedicação de esforços à etapa seguinte. Foi também nessa etapa que se iniciaram as implementações práticas e uma conversa mais próxima com as outras áreas de implementação da plataforma de entregas da Señoritas Courier. Por fim, ao final dessa etapa, foram pensados os formatos de organização e execução da etapa seguinte.

3.3.3 Aprofundamento e desenvolvimento

Esta é a etapa de maior duração do processo de intervenção, na qual, a partir da etapa anterior, iterativa e incrementalmente, seja evoluída a primeira mínima intervenção empoderadora, buscando-se envolver todas as pessoas cooperadas nos ciclos desse processo até a conclusão da solução empoderadora.

A intenção dessa etapa é a de, cíclica e incrementalmente, aprimorar os artefatos técnicos de acordo com as necessidades da cooperativa. Os passos dessa organização cíclica são construídos em conjunto, levando em conta as disponibilidades das pessoas participantes do projeto.

Comunicado desde a primeira etapa, o fim da intervenção ocorreria com o esgotamento temporal proposto. Dessa forma, a construção e o compartilhamento de conhecimentos se intensificaram à medida que esse momento chegava, mas, de fato, estiveram presentes ao longo de todo o processo. Isso foi fundamental, seja para que se pudesse con-

duzir essa intervenção do modo desejado, seja para que, após o final dela, a cooperativa tivesse o máximo de autonomia possível para usufruir dos artefatos tecnológicos finais.

3.3.4 Cronograma

O arranjo das etapas no tempo foi um passo importante tanto para organização interna quanto para a adequação das expectativas dos demais grupos e atores envolvidos. É apresentado, na Tabela 3.1, o cronograma inicialmente proposto.

Etapa	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dec
Reconhecimento mínimo	X	X									
Primeira mínima intervenção empoderadora		X	X	X							
Aprofundamento e desenvolvimento				X	X	X	X	X	X	X	X

Tabela 3.1 – Cronograma para o ano de 2023

4 O veículo: fundamentação teórica de algoritmos genéticos

Se temos os viajantes e o roteiro, falta apenas escolher o veículo para iniciarmos nossa jornada. Essa escolha combina a liberdade e a responsabilidade que um meio de viagem traz, uma vez que cada opção muda o caminho a ser percorrido. Podemos ir mais rápido ou mais devagar em caminhos mais curtos, flexíveis, estreitos ou longos a depender do veículo em que estamos. Ao optarmos por um meio de transporte, adotamos também a perspectiva de quem o projetou, e cabe a nós reconhecê-la e lidar com ela da melhor maneira possível.

Neste capítulo, será apresentado o campo da Pesquisa Operacional, arcabouço teórico que embasa nossos estudos a cerca dos problemas e soluções para o problema de roteamento da cooperativa Señoritas Courier. Em seguida a esse resgate histórico, serão apresentados os principais problemas de roteamento relacionados ao projeto pela perspectiva da Pesquisa Operacional. Por fim, será apresentada a abordagem de solução escolhida para tratar desses problemas, realizando igualmente um resgate histórico e apresentação dos principais conceitos relacionados

4.1 Pesquisa operacional

No capítulo 3, enfatizei que a tecnociência é permeada pelos valores daqueles que a exercem. Dessa forma, ao propor um processo tecnocientífico solidário, é essencial examinar os valores embutidos nas técnicas e ferramentas que pretendemos empregar, já que a falta dessa análise pode resultar na reprodução de valores que não estejam alinhados com meu propósito inicial.

Portanto, nesta seção, pretendo evidenciar a influência histórica dos valores capitalistas na Pesquisa Operacional (PO), que serve como base para a intervenção realizada. A partir dessa conclusão, ao longo do projeto, foi crucial refletir sobre e desafiar os princípios da PO, de modo a priorizar os valores solidários em contraposição aos valores capitalistas.

Essa análise parte de uma abordagem que reconhece a PO como resultado de um longo processo histórico de organização e produção de conhecimento, influenciado por uma cosmovisão específica e não universal. Primeiramente, contextualizarei a cosmovisão predominante da modernidade, pois compreender essa visão de mundo é fundamental

para identificar as raízes da pesquisa operacional. Em seguida, farei uma análise dos desdobramentos dessa visão com pontos históricos que reforçam os valores capitalistas presentes na pesquisa operacional.

Primeiramente, compreender que não há uma cosmovisão universal é reconhecer que em sociedades diversas há formas distintas de se conceber e lidar com a realidade. Em sua pesquisa, Descola (2005) investigou e identificou quatro paradigmas principais pelos quais sociedades humanas distintas concebem o mundo: animismo, totemismo, naturalismo e analogismo. Para localizar a modernidade nessa categorização, recorreremos à crítica de Hui 2020, que, em complemento a Descola, descreve essa corrente de pensamento como naturalista, ou seja, marcada pela oposição entre cultura e natureza e a dominância da primeira em relação a segunda.

Nessa perspectiva, vivemos em um mundo regido por leis naturais universais que agem sobre todos os seres igualmente. Da dominância citada anteriormente vem a ideia que, através do exercício da racionalidade, seria possível desvendar o funcionamento do universo e, com isso, subjugar as forças da natureza aos interesses da sociedade humana. Entretanto, essa forma de pensar encontra-se limitada pela disponibilidade dos recursos que compõem o mundo material. A teoria malthusiana (MALTHUS, 1986) exemplifica essa preocupação, mesmo que atualmente seja contestada, ao destacar a tensão entre o crescimento populacional e a produção de alimentos em épocas passadas. Serão os desdobramentos históricos dessa questão da escassez de recursos naturais que culminarão na criação da pesquisa operacional, como explicarei a seguir.

As limitações materiais do mundo natural são experimentadas por diversas sociedades ao redor do mundo e da história. Entretanto, aquelas que adotam uma visão naturalista, de acordo com a categorização de Descola (2005), especialmente a sociedade europeia, estabeleceram com um mundo natural uma relação de gestão. Os recursos naturais de interesse da sociedade devem ser estudados e controlados para superar os males que sua escassez pode trazer e, ao mesmo tempo, fomentar os interesses sociais que dependem desses elementos. Essa problemática da gestão dos recursos escassos toma centralidade no pensamento dos economistas liberais clássicos como Adam Smith (1776) e David Ricardo (1817), que ajudaram a moldar o capitalismo com suas pesquisas e formulações de estratégias para gerenciar os recursos disponíveis (GALBRAITH, 1987).

Dessa forma, as mudanças da organização produtiva que vieram com as primeiras revoluções industriais aumentaram a complexidade da coordenação das operações e intensificaram os esforços para gestão de recursos. As estratégias se expandiram para além dos elementos do mundo natural, englobando trabalhadores, máquinas, subprodutos e até mesmo o tempo. Motivadas pela busca da acumulação de capital, as empresas encontraram na otimização uma maneira de aumentar a lucratividade. Entretanto, apenas

durante a Segunda Guerra Mundial, os desafios de otimização começaram a ser abordados através do uso mais extensivo de metodologias matemáticas e estatísticas sofisticadas, o que lançou as bases para um novo arcabouço teórico, a pesquisa operacional (ARENALES *et al.*, 2007).

A consolidação da pesquisa operacional após a Segunda Guerra Mundial se deu por duas fortes influências. A primeira foi o surgimento do computador digital, na década de 1940 (HAIGH; CERUZZI, 2021), que permitiu a realização de operações matemáticas com velocidade e precisão inéditas, e, assim, a construção de modelos refinados para a simulação de uma ampla gama de fenômenos determinísticos e estocásticos, impulsionando a PO. E, em conjunto com esses avanços, o novo capitalismo industrial, protagonizado pelos Estados Unidos da América, encontrou na pesquisa operacional o arcabouço teórico capaz de lidar com os problemas de gestão de recursos já levantados durante as revoluções industriais anteriores.

Em resumo, a pesquisa operacional surgiu e se desenvolveu a partir de uma perspectiva fortemente influenciada por interesses militares e capitalistas, com o objetivo de abordar sistematicamente a questão da escassez de recursos. No entanto, ao reconhecermos que o arcabouço teórico em que o projeto se baseia não está alinhado com os valores pretendidos, deparamo-nos com o desafio adicional de subverter ou adaptar essas técnicas, para atender aos propósitos solidários. Assim, ao longo das próximas seções, destacaremos as alterações propostas para realizar essa adequação.

4.2 Problemas de roteamento

A pesquisa operacional se relaciona com este projeto de duas maneiras distintas e complementares: primeiro, na formalização matemática e na compreensão dos problemas de roteirização; e, segundo, na aplicação de métodos para resolver esses problemas. Nesta seção, abordaremos como a pesquisa operacional enxerga e analisa os problemas de roteirização. Na seção 4.3, exploraremos como ela os busca resolver e as estratégias adotadas para tanto.

A fim de apresentar os principais problemas de roteamento estudados pela pesquisa operacional que dialogam com este projeto, realizarei tanto um resgate histórico para contextualização das motivações de estudo desses problemas quanto a apresentação de suas formulações matemáticas. Primeiramente, abordarei uma visão geral da história dos problemas de roteamento, baseando-me em Bruno *et al.* (2012). Em seguida, irei aprofundar a análise nos problemas específicos que têm maior relevância para os objetivos e desafios enfrentados por este projeto. Essa abordagem permitirá apresentar a modelagem matemática dos problemas, o que é fundamental para posteriormente buscarmos a melhor

forma de otimizá-los. Ela também permitirá fornecer uma base para posterior reflexão sobre essas formalizações e para adequar a que melhor se encaixa no nosso projeto.

O trabalho de Bruno, Genovese e Improta (2012) inicia sua revisão histórica apresentando a publicação de Leonhard Euler de 1741 sobre o problema das sete pontes de Königsberg. O problema consistiu em determinar se seria possível atravessar cada uma das sete pontes da cidade uma única vez em um percurso contínuo. Euler eventualmente formalizou o problema e concluiu que não havia solução factível para tal proposição. Embora o texto não o reconheça como o primeiro problema de roteamento da humanidade, ele o apresenta como o exemplo inicial para evidenciar a importância que o matemático teve na criação da teoria dos grafos (DIESTEL, 2017), essencial à pesquisa operacional e aos outros problemas de roteamento.

Em termos simples, um grafo é uma coleção de pontos (vértices) e linhas (arestas) que os conectam. Os vértices representam elementos individuais, como cidades em um mapa, enquanto as arestas representam as conexões entre esses elementos, como estradas que conectam as cidades. Em termos mais formais, um grafo pode ser descrito como um par ordenado $G = (V, E)$ de conjuntos, onde V é o conjunto de vértices (ou nós) e E é o conjunto de arestas. As arestas são subconjuntos de dois elementos de V , ou seja, $E \subseteq [V]^2$, onde $[V]^2$ denota o conjunto de todos os subconjuntos de dois elementos de V . Para evitar ambiguidades de notação, assumimos implicitamente que a interseção entre V e E é vazia, ou seja, $V \cap E = \emptyset$. Os elementos de V são os vértices (ou nós, ou pontos) do grafo G , enquanto os elementos de E são suas arestas (ou linhas) (DIESTEL, 2017).

A partir do problema das sete pontes de Königsberg, Euler propôs uma generalização com as condições suficientes e necessárias para que seja possível traçar um caminho em um grafo que passe por todas as arestas (GRÖTSCHEL; YUAN, 2012). Esse caminho é chamado de circuito de Euler, e o grafo que comporta ao menos um circuito desse tipo é considerado um grafo euleriano. O teorema proposto é que para um grafo conectado ser euleriano todos os vértices devem ter grau par, ou seja, o conjunto de arestas associadas a cada vértice deve ser par.

É interessante notar que o trabalho do matemático suíço concentrou-se apenas em formalizar e verificar a factibilidade do problema, e não em encontrar uma forma de resolvê-lo. Em uma época na qual a força para se realizar cálculos, ou seja, a força computacional, resumia-se à capacidade humana assistida por poucas e relativamente simples calculadoras, verificar a factibilidade dos problemas se tornava essencial. E essa ideia de formalização de problemas e verificação de sua factibilidade será muito presente para outros problemas da pesquisa operacional.

Mais tarde, em 1962, o matemático chinês Mei-Ko Kwan (GRÖTSCHEL;

YUAN, 2012) propôs uma extensão do problema de Euler ao transpô-lo para a realidade de sua juventude como carteiro. A questão proposta foi sobre como traçar o menor caminho para que um carteiro saia de sua casa, passe por todas as ruas e volte para o ponto de partida? Essa questão amplia as proposições de Euler, uma vez que busca soluções também para grafos não-eulerianos. Essa questão, voltada para a otimização do percurso do carteiro, trazia uma aplicação mais prática e palpável do problema, aproximando-se das necessidades comerciais e logísticas. Essa abordagem mais aplicada despertou o interesse de pesquisadores em otimização, que viram nesse problema uma oportunidade de aplicação prática de seus métodos.

Nessa mesma época, a ascensão do computador digital desencadeou uma revolução na resolução de problemas matemáticos, introduzindo novas perspectivas e desafios. As preocupações de Euler sobre a existência de soluções para problemas matemáticos ganharam novas dimensões nesse ambiente digital emergente. A computabilidade de um problema, ou seja, a possibilidade de um ser resolvido através do exercício da computação tornou-se uma questão central, e foi investigada por Alan Turing em sua formulação do Problema da Parada (TURING, 1936). Este problema diz respeito à possibilidade de determinar se um programa de computador, dado uma entrada específica, eventualmente para de executar ou se entra em um loop infinito. A conclusão do matemático inglês foi que este é um problema não computável no sentido por ele proposto.

Já a complexidade computacional, por outro lado, visa classificar a dificuldade de problemas computacionais e a quantidade de recursos necessários para resolvê-los. Embora existam várias formas de avaliar a complexidade, uma abordagem comum envolve analisar o número de operações requeridas para obter uma resposta precisa em um problema computável. Esses conceitos são fundamentais para a compreensão dos problemas de roteamento enfrentados neste projeto, uma vez que nos permitem avaliar a viabilidade e a eficiência das soluções propostas.

4.2.1 Problema do caixeiro viajante

O Problema do Caixeiro Viajante (PCV) pode, sem dúvida, ser considerado um dos pilares da Pesquisa Operacional. A análise histórica que tomamos como referência, exposta em (APPLEGATE *et al.*, 2006), data a primeira descrição desse problema em 1832 com o manual alemão *Der Handlungsreisende*. Nesse documento, são apresentados cinco possíveis roteiros passando por 45 cidades alemãs, tendo sempre em vista o objetivo de redução de custos de viagem.

Essa primeira obra tratou esse problema com os conhecimentos empíricos de seus autores, sem realizar nenhum formalismo matemático. O PCV foi formalizado por

Thomas Penyngton Kirkman (1986), que o definiu como: dado um grafo que representa um poliedro, é possível encontrar um caminho que passe por todos os vértices uma única vez? Ao contrário do problema formulado por Euler, que se preocupava com o caminho que se passava por todas as arestas, este se preocupa em passar por todos os nós ou vértices do grafo. Analogamente à generalização feita por Euler, um grafo é hamiltoniano se possuir pelo menos uma rota, chamada de circuito de Hamilton, que percorra todos os vértices sem repetição, em homenagem a outro matemático inglês que contribuiu significativamente para esse problema.

Entretanto, atribui-se ao matemático austríaco Kalr Menger (MATAI *et al.*, 2010) a primeira formulação matemática do PCV, por volta de 1930, ainda antes do advento do computador digital. A definição atual do problema é descrita como: dado um conjunto de cidades e um custo de viagem entre cada possível par, encontrar o melhor caminho que visite todas as cidades e retorne ao ponto inicial, sem repetição de cidade, minimizando o custo total da viagem.

Esse problema ainda apresenta algumas variações que valem ser destacadas, dependendo de condições situacionais importantes. A primeira versão, conhecida como PCVs, parte do pressuposto de que o grafo é simétrico, ou seja, a distância da cidade A para a cidade B é igual à do sentido oposto de viagem, da cidade B para a cidade A. A segunda variação, denominada PCVa, parte do pressuposto de que a simetria do grafo não é válida para todos os casos. Por fim, a última variação, chamada PCVm, pressupõe que há mais de um viajante, buscando encontrar o conjunto de rotas para todos os viajantes, de modo que, em conjunto, passem por todos os pontos, retornando cada viajante ao seu ponto de origem.

Para todas as versões apresentadas ainda não foi encontrada uma forma sistemática de solução em tempo polinomial em relação à dimensão da entrada de dados do problema, caracterizando sua complexidade computacional como NP Difícil (APPLEGATE *et al.*, 2006). Para essa classe de problemas não há abordagem única e ótima de solução, tendo intrigado pesquisadores e gerado diversas proposições e metodologias de solução.

Para finalizar a apresentação do Problema do Caixeiro Viajante, desenvolvo a formulação matemática para o caso de um conjunto de pontos com custos de distância assimétricos:

Seja $V = \{v_1, \dots, v_n\}$ um conjunto de cidades, $A = \{(r, s) : r, s \in V\}$ o conjunto de arestas que ligam essas cidades, onde $d_{rs} \neq d_{sr}$ são os custos de viagem que associam as cidades $(r, s) \in A$. Encontrar a rota de menor custo que passa por todas as cidades apenas uma única vez.

4.2.2 Problema do roteamento de veículos

O Problema do Caixeiro Viajante tem sido extensivamente estudado por matemáticos e cientistas da computação, como discutido anteriormente. No entanto, quando foi preciso levar em conta os desafios logísticos concretos da indústria, como capacidade de transporte, prazos e horários disponíveis etc., surgiram novas considerações a serem integradas ao problema original. Como resultado, foram propostas novas formulações do problema, incorporando questões e restrições adicionais para atender a essas demandas (TOTH; VIGO, 2002). Algumas dessas adaptações foram classificadas como variações do PCV, enquanto outras deram origem a problemas distintos, como o Problema de Roteamento de Veículos (PRV).

O PRV introduz duas mudanças significativas em relação ao PCV. Primeiramente, há uma alteração na formulação, que traz semelhanças frente ao PCVm, porém com a frota de veículos iniciando e terminando no mesmo ponto, e também há uma mudança no objetivo, com a perspectiva de minimizar a quantidade de veículos utilizados em uma operação. Além disso, surgem variações desse problema que incluem restrições como janelas de tempo e limites de carga (KONSTANTAKOPOULOS *et al.*, 2022). Em segundo lugar, observa-se uma abordagem mais utilitária ao escolher tratar sobre os veículos em vez dos motoristas ou entregadores. Essa escolha é uma marca significativa do que mencionamos na seção 4.1 sobre a gestão de recursos. A escolha de priorizar os veículos reflete a lógica de otimização de recursos da pesquisa operacional, que tende a desconsiderar os indivíduos em favor do que é considerado crucial para maximizar os lucros em uma operação.

A primeira aparição do problema na literatura é atribuída a um breve artigo de Dantzig e Ramser (1959), que tratou da otimização do trajeto de uma frota de caminhões de entrega de gasolina entre um terminal de abastecimento e várias estações de serviço. Em 1964, Clarke e Wright propuseram o primeiro algoritmo para resolver o VRP, desenvolvendo um procedimento heurístico eficaz que melhorou significativamente as performances do método original. A nomenclatura “Problema de Roteamento de Veículos” foi formalizada por Golden, Magnanti e Nguyen em 1972, estabelecendo uma linguagem comum para descrever esse tipo de problema (BRUNO *et al.*, 2012). Desde então, o PRV tem sido objeto de contínuo estudo e aprimoramento, refletindo as complexidades da logística moderna e a capacidade da ciência da computação e da pesquisa operacional de resolver desafios cada vez mais complexos no mundo real.

Assim como o PCV, o PRV é considerado NP-Difícil, desafiando pesquisadores a desenvolverem estratégias práticas para enfrentá-lo. Uma formulação atual do problema envolve um grafo $G = (V, A)$, onde $V = \{1, \dots, n\}$ representa cidades, com o depósito

localizado no vértice 1, e A é o conjunto de arcos que representam as conexões entre as cidades. Cada arco (i, j) , onde $i \neq j$, é associado a uma matriz de distâncias não negativas $C = (c_{ij})$, representando o custo de viagem entre as cidades, seja em termos de distância ou tempo. O VRP consiste em planejar um conjunto de rotas de veículos de menor custo, garantindo que cada cidade em $V \setminus \{1\}$ seja visitada exatamente uma vez por exatamente um veículo, que todas as rotas comecem e terminem no depósito, e que algumas restrições adicionais sejam atendidas (ALTABEEB *et al.*, 2019).

4.3 Estratégias de otimização e resolução de problemas

Problemas de roteamento suscitam desafios intrinsecamente complexos junto à comunidade de Pesquisa Operacional, uma vez que são frequentemente classificados como NP-Difícil em termos de complexidade computacional como vimos na seção 4.2.2. A busca por todas as soluções possíveis e a identificação da melhor entre elas tornam-se exponencialmente custosas à medida que o tamanho do problema aumenta. Por exemplo, o Problema do Caixeiro Viajante pode apresentar até $(n-1)!/2$ soluções possíveis (MATAI *et al.*, 2010), onde “n” representa o número de cidades a serem visitadas. Diante dessa complexidade, a escolha da abordagem de solução adequada se torna crucial para lidar eficientemente com esses desafios.

Em busca por metodologias que resolvam esses problemas complexos, pessoas pesquisadoras têm explorado uma variedade de estratégias, que vão desde métodos exatos até abordagens que oferecem soluções satisfatórias em tempo hábil. Entre essas técnicas, destacam-se os algoritmos de aproximação, que buscam encontrar soluções próximas à ótima, fornecendo ideias de como superar esses desafios em contextos onde a busca pela solução ótima é impraticável. Já as heurísticas, por exemplo, são técnicas projetadas para problemas específicos que buscam encontrar soluções satisfatórias em um tempo razoável, embora não garantam a solução ótima. Por outro lado, as meta-heurísticas (TALBI, 2009) oferecem uma abordagem mais geral e flexível para resolver uma ampla gama de problemas de otimização, muitas vezes NP-Difícil, que não podem ser tratados eficientemente por algoritmos exatos. Exemplos incluem algoritmos genéticos, colônias de formigas, *simulated annealing* e busca tabu.

Dentre essas abordagens, foram escolhidos os algoritmos genéticos (AGs) (LAM-BORA *et al.*, 2019) como paradigma de otimização. Essa escolha foi motivada, em grande parte, por sua ampla aplicação em problemas como os mencionados anteriormente, além de sua estrutura geral simples e flexível, que permite a incorporação de uma diversidade de operadores e mecanismos de seleção. Outro aspecto relevante que motivou a escolha dessa abordagem foi a simplicidade da dinâmica geral do AG, o que pode facilitar o enten-

dimento da cooperativa e possibilitar a construção participativa de elementos essenciais, como os operadores desta solução.

4.3.1 Algoritmos Genéticos

Os Algoritmos Genéticos (AGs) são uma das estratégias que compõem o campo dos algoritmos evolutivos, que, por sua vez, inserem-se no domínio da computação bi-inspirada (CASTRO, 2006). Propostos inicialmente por John Holland, na década de 1970, os AGs, assim como outros membros da família dos Algoritmos Evolutivos (AEs), são fundamentados em um arcabouço conceitual neodarwinista (HOLLAND, 1992). Essa abordagem combina a teoria da seleção natural de Charles Darwin e Alfred Wallace com conceitos modernos da genética, estabelecendo uma abordagem de solução heurística para problemas complexos. A seguir, comentarei brevemente os principais pontos das teorias que sustentam os AGs seguidos da conexão com essa abordagem.

A teoria de Darwin oferece uma explicação sobre a origem da diversidade biológica evidenciando os mecanismos para tanto. Nessa forma macroscópica de enxergar a evolução, a chamada seleção natural tem papel central. Parte-se do pressuposto de que um dado ambiente pode comportar um número limitado de indivíduos, dadas as limitações materiais de recursos para sobrevivência, e que a seleção é inevitável caso não haja crescimento exponencial das populações. A seleção natural favorece os indivíduos que melhor competem pelos recursos disponíveis em detrimento daqueles são menos eficientes nessa busca.

As soluções de AE tomam como inspiração essa explicação de Darwin para resolver problemas complexos da computação (EIBEN; SMITH, 2003). Fazendo um paralelo a teoria darwiniana, parte-se da ideia de que há uma população de soluções candidatas ao problema em questão, sendo que cada um desses indivíduos pode ser avaliado do ponto de vista da qualidade da solução que provê ao problema, recebendo uma nota. Assim como na seleção natural, os indivíduos que têm melhor performance têm maiores possibilidades de serem selecionados para gerar a nova população de soluções candidatas. Com o passar das gerações de soluções candidatas, cria-se uma tendência de permanência de soluções cada vez melhores de acordo com os parâmetros de avaliação.

A outra teoria que se junta à darwiniana para inspirar os AGs é a genética moderna. Nela, temos um entendimento microscópico das características de herança que ajudam a explicar a evolução e a seleção natural. A teoria traz o entendimento de que as características aparentes, ou fenótipos, dos indivíduos são, em grande medida, codificadas em seu genótipo, ainda que fatores ambientais também desempenhem um papel significativo no desenvolvimento dessas características. Os genes são, portanto, as unidades que

codificam essas características e são herdadas por indivíduos de uma população ao longo de gerações. Os conjuntos de genes de um organismo são chamados de cromossomos, e o novo descendente gerado após a reprodução ou cruzamento entre indivíduos de uma geração é o resultado da combinação dos cromossomos desses progenitores.

No contexto dos AGs, as soluções candidatas de uma população são codificadas em um formato que as sintetiza da mesma forma que os fenótipos são codificados em genes. Essa representação sintética de uma solução candidata também é chamada de cromossomo e processos inspirados na biologia são empregados para gerar uma nova população de indivíduos através do cruzamento entre soluções da mesma população. Um segundo processo, a mutação, é então aplicado a essas novas soluções geradas, introduzindo pequenos elementos de aleatoriedade no processo de geração de soluções.

No entanto, uma questão ainda persiste: como garantir que a dinâmica do algoritmo resulte em uma população que tenda a refletir uma maior adaptação ao problema em análise? A resposta para essa indagação reside no uso da função a ser otimizada como medida de aptidão, ou seja, como uma avaliação da adequação de uma determinada solução. Essa abordagem possibilita a incorporação de um mecanismo de pressão seletiva que favoreça a “sobrevivência dos mais aptos” na população. É importante ressaltar, no entanto, que essa tendência não é necessariamente determinística: à semelhança do que ocorre na natureza, uma solução mais bem adaptada não precisa obrigatoriamente permanecer na população, mas deve ter uma maior probabilidade de ser transmitida às gerações subsequentes e/ou de gerar descendentes adicionais. O modelo clássico de Algoritmos Genéticos, conforme proposto por Holland, emprega um mecanismo probabilístico no qual a probabilidade de seleção é diretamente proporcional ao valor de aptidão de cada solução. Essa abordagem pode ser comparada a uma roleta, na qual a área associada a cada solução é maior quanto melhor for sua qualidade como solução para o problema em análise.

O fluxograma geral que descreve o funcionamento de um algoritmo genético é apresentado na Figura 4.1. Nas subseções seguintes, os operadores de cada etapa do fluxograma serão abordados em detalhes.

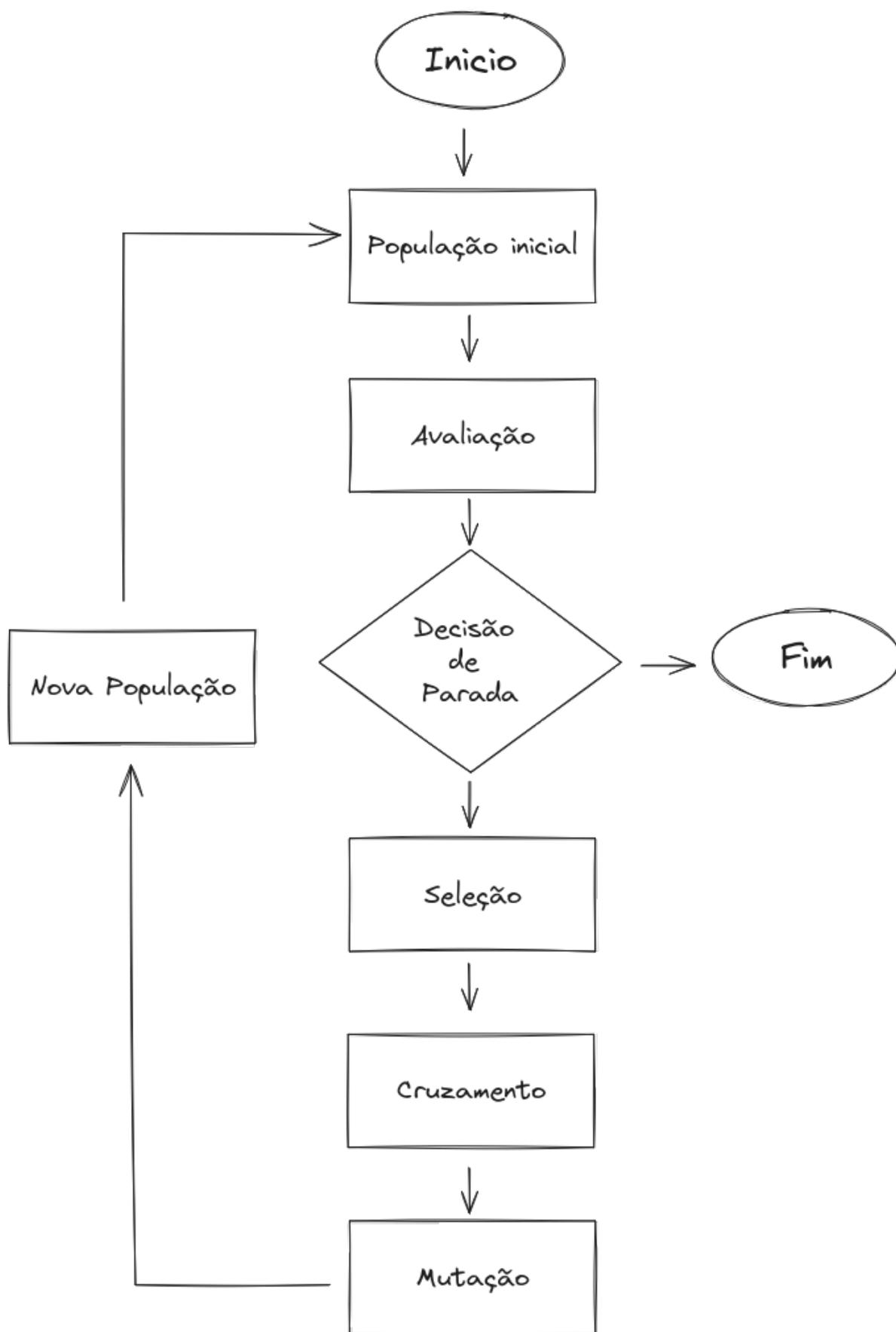


Figura 4.1 – Etapas gerais do algoritmo genético

4.3.1.1 Codificação

Por serem meta-heurísticas, os algoritmos genéticos adotam uma abordagem geral para solucionar uma variedade de problemas, sem se prender formalmente a questões específicas. Essa estrutura genérica se concentra na manipulação de cromossomos, os quais, para se adaptar a problemas diversos, devem ter diferentes representações. Essa adaptação é realizada a partir de um processo conhecido como codificação, que desempenha um papel crucial nessa metodologia. A maneira como a codificação é realizada pode afetar significativamente os operadores e etapas do processo. Além disso, a codificação sintetiza as soluções candidatas, as características mais relevantes para a resposta de um problema de otimização.

Ainda que necessário para o funcionamento do algoritmo genético, o processo de codificação pode resultar na perda de informações importantes ao simplificar as soluções candidatas. Portanto, ao reverter esse processo por meio da decodificação, é essencial garantir que as soluções propostas sejam coerentes e viáveis. Caso contrário, as soluções geradas podem não resolver efetivamente o problema em questão. Além disso, essa questão da factibilidade também pode ser abordada em outros operadores do processo, a fim de garantir que a viabilidade das soluções não decorra da execução.

Adicionalmente, as escolhas de codificação refletem a modelagem do problema, expressando nossa abordagem e sua compreensão. Ao decidir como representar as soluções candidatas por meio de cromossomos, estamos, de certa forma, priorizando certos aspectos do problema durante a execução do algoritmo. No entanto, outros aspectos que não os representados diretamente nos cromossomos podem ser tratados como preocupações secundárias e incorporadas no processo de decodificação. Assim, a escolha da codificação não apenas influencia a eficácia do algoritmo, mas também molda a perspectiva adotada na resolução do problema.

A Figura 4.2 exemplifica uma possível codificação para o PRV. Nesse caso, a codificação escolhe representar os pontos de entrega e as rotas, sem, contudo, se preocupar em representar entregadoras ou variações no tamanho das rotas por exemplo. Essas escolhas de representação podem ser levadas em consideração, entretanto requerem processamentos auxiliares adicionais para tanto.

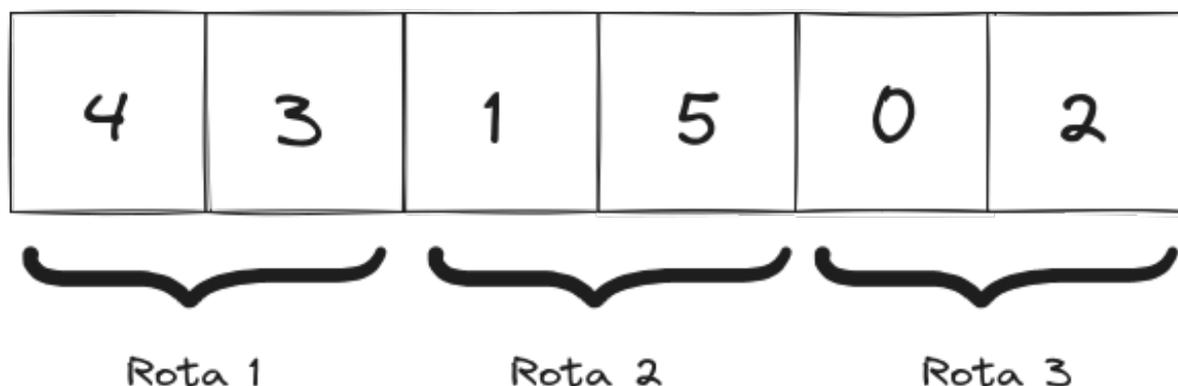


Figura 4.2 – Exemplo de codificação para Problema Roteamento de Veículos, onde cada par de posições do vetor representa uma rota e os valores preenchidos representam o identificador do endereço a ser percorrido.

4.3.1.2 Avaliação

A etapa de avaliação quantifica o nível de desempenho dos indivíduos da população, indicando a adequação de suas respostas. Esta fase está diretamente relacionada aos objetivos de otimização do problema em questão. Enquanto as demais etapas do algoritmo genético lidam com as soluções em formato de cromossomos, a etapa de avaliação pode requerer um processo de decodificação que proveja informações mais específicas sobre as soluções.

Com os detalhes obtidos, torna-se viável construir uma pontuação que leve em consideração tanto os fatores de otimização quanto as restrições do problema. Elementos como distâncias mais curtas entre rotas são valorizados para aumentar a pontuação, enquanto a violação de restrições, como excesso de peso ou infrações de janelas de tempo disponíveis, podem resultar em uma redução do valor atribuído à solução candidata, e em casos mais graves, até mesmo na eliminação da mesma. Dessa forma, calibrar cuidadosamente os fatores que aumentam ou diminuem as notas atribuídas é essencial para a qualidade das soluções obtidas.

Consequentemente, a etapa de avaliação tem grande influência nas gerações subsequentes, uma vez que a pontuação atribuída é o fator de maior relevância para etapa de seleção. É nessa próxima etapa que são escolhidos os indivíduos que, através do cruzamento entre si, propagarão seus genes ao construir uma nova população com seus descendentes. Em suma, a etapa de avaliação é a responsável por guiar o desenvolvimento das soluções candidatas através de gerações para a solução mais adequada.

4.3.1.3 Seleção

A etapa de seleção, como mencionado anteriormente, é responsável por escolher os indivíduos que serão cruzados entre si para gerar os descendentes da próxima geração de soluções candidatas. Entretanto, ao contrário da etapa de avaliação, que exerce uma forte influência sobre a direção do desenvolvimento das populações, essa etapa influencia mais diretamente o formato desse desenvolvimento.

Isso se deve à influência que diferentes métodos de seleção têm sobre os genes que permanecem na geração seguinte. Para esclarecer essa proposição é interessante trazer como exemplo um método de seleção e o impacto que ele tem no formato do desenvolvimento de novas gerações. Para esse exercício utilizaremos o método de seleção da roleta ou seleção proporcional (CHUDASAMA *et al.*, 2011).

Nesse método, os indivíduos são representados em uma simulação de roleta virtual, na qual cada um possui uma fatia proporcional à sua pontuação atribuída na etapa de avaliação. Durante o processo de seleção, dois indivíduos são escolhidos girando essa roleta, com aqueles que possuem pontuações mais altas tendo uma probabilidade maior de serem selecionados para participar na geração de indivíduos da próxima geração.

Dessa forma, ao criar uma tendência para a próxima geração ser mais similar aos indivíduos com pontuações mais altas da população atual, o método de seleção da roleta contribui para uma evolução gradual e mais suave das soluções candidatas ao longo das iterações do algoritmo genético. No entanto, ao alterarmos o operador de seleção, por exemplo, para realizar o cruzamento entre o indivíduo mais apto e um indivíduo selecionado aleatoriamente, observamos uma tendência ainda mais acentuada em direção aos mais aptos.

4.3.1.4 Cruzamento

Para gerar novos indivíduos a partir de um rearranjo do material genético da população atual, os algoritmos genéticos incluem a etapa de cruzamento, ou *crossover*, na qual os cromossomos de diferentes indivíduos são combinados para gerar novas soluções candidatas. Esse processo, não obstante a possibilidade de preservar características relevantes, também visa gerar novas soluções potencialmente melhores do que as anteriores, e, assim, conduzir a população em direção a respostas mais adequadas para o problema em questão.

Embora seja uma etapa essencial para o algoritmo genético, a implementação do cruzamento difere para cada problema, a depender da codificação das soluções candidatas. Isso se deve ao fato de que cada codificação possui uma lógica própria para representar a solução candidata, a qual deve ser respeitada durante a combinação entre os

indivíduos. Quando essa lógica não é levada em consideração durante o processo de cruzamento, corre-se o risco de obter respostas inviáveis, comprometendo significativamente a eficácia do algoritmo genético na busca por melhores soluções.

Para ilustrar o funcionamento dessa etapa, apresentamos, na Figura 4.3, um modelo relativamente simples de cruzamento, baseado no clássico operador de cruzamento de um ponto (HOLLAND, 1992). Nesse método, um ponto no vetor é selecionado aleatoriamente, e o descendente recebe a primeira parte de um dos indivíduos geradores e a segunda parte do outro. Além disso, a Figura 4.3 destaca um problema recorrente associado a esse método de cruzamento: a possibilidade de repetição de genes nos descendentes. Essa repetição caracteriza uma solução infactível, uma vez que não é necessário passar novamente por um ponto onde uma entrega já foi realizada. Para contornar esse problema, é necessário aplicar uma etapa adicional de correção após o cruzamento, ou então utilizar um método de cruzamento que já incorpore mecanismos para evitar a repetição de genes, como o cruzamento de pontos múltiplos ou o cruzamento uniforme (CASTRO, 2006).

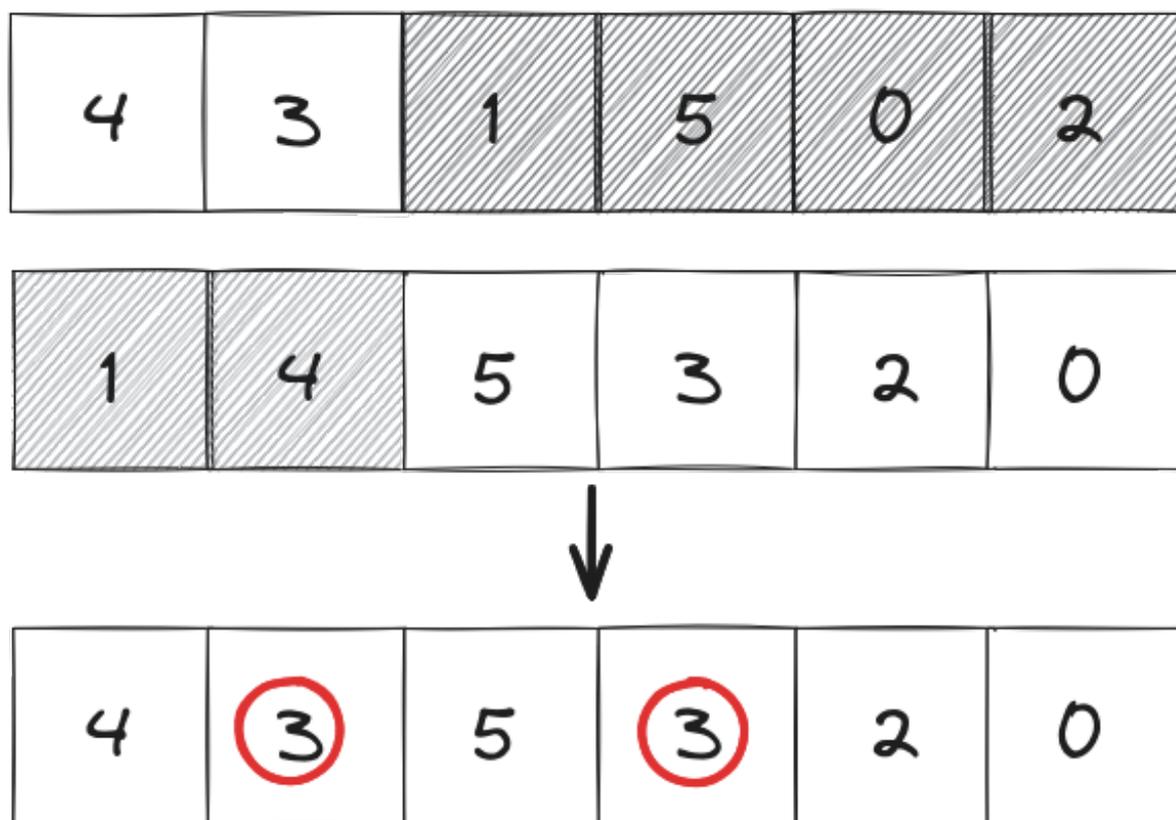


Figura 4.3 – Exemplo de cruzamento para Problema Roteamento de Veículos

Em resumo, a etapa de cruzamento tem um papel essencial na geração de novos indivíduos que preservem características da geração anterior, enquanto busca explorar novas possibilidades de solução para o problema em questão. Os operadores dessa etapa são dependentes da codificação escolhida para representar as soluções candidatas, sendo

muitas vezes necessário implementar etapas adicionais para corrigir possíveis problemas de factibilidade. Assim, o cruzamento impulsiona a busca por soluções mais adaptadas ao problema combinando soluções já conhecidas em gerações passadas.

4.3.1.5 Mutação

Embora o cruzamento busque melhorar as soluções ao longo das gerações, ao gerar novos indivíduos, é comum que, com o tempo, a variação genética entre as soluções candidatas diminua significativamente. Com isso, há a um estreitamento do escopo de busca, resultando em soluções candidatas muito semelhantes entre si. Então, uma etapa de mutação é adicionada ao algoritmo genético para aumentar a diversidade da população e, com isso, ampliar a capacidade de exploração do espaço de busca. Após o cruzamento, a mutação introduz uma pequena aleatoriedade nos cromossomos dos indivíduos, adicionando informações que não estavam presentes nas soluções que os originaram.

Uma forma simples de introduzir mutação seria realizar a inversão dos valores de duas posições consecutivas no vetor de cromossomos, como ilustrado na Figura 4.4. No entanto, é importante ressaltar que, assim como na etapa de cruzamento, o operador de mutação deve ser projetado de modo a respeitar a lógica estabelecida pela codificação das soluções candidatas. Isso garante que as soluções permaneçam viáveis mesmo após a aplicação da mutação.

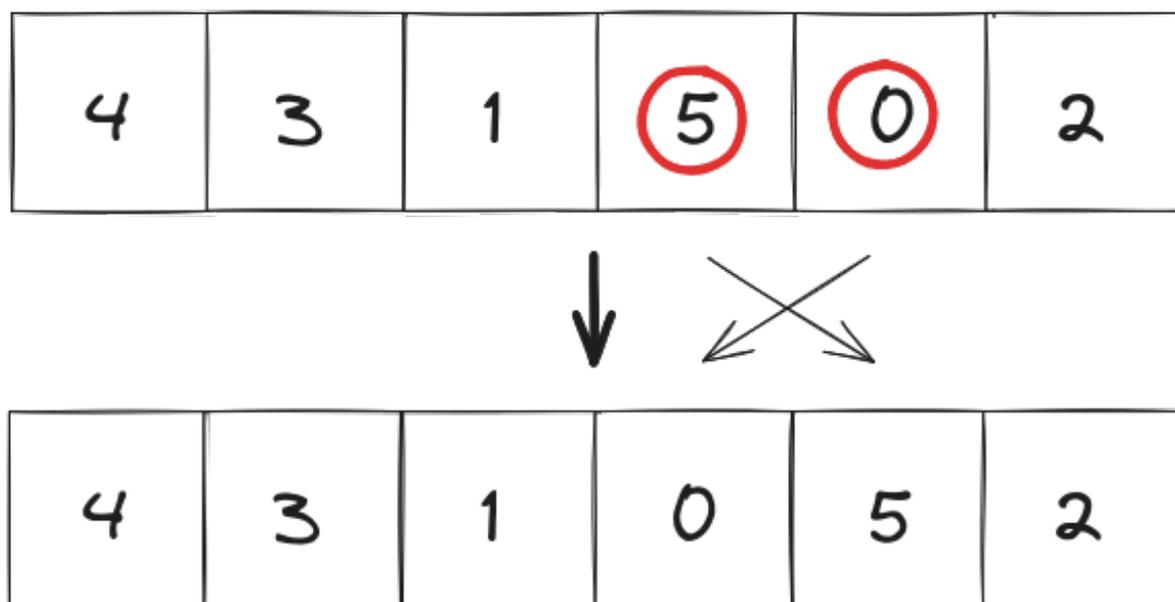


Figura 4.4 – Exemplo de mutação para Problema Roteamento de Veículos

Como mencionado, a mutação tem influência no comportamento da população ao longo das gerações. Quando ausente, os indivíduos tendem a se tornar mais semelhantes, resultando na perda de diversidade genética. Por outro lado, uma taxa excessiva de

mutação pode dificultar a convergência da população para melhores soluções locais, prejudicando o processo de otimização. Para encontrar o equilíbrio adequado, é possível regular a taxa de mutação por meio de probabilidade, permitindo que o operador de mutação seja acionado ou não com certa frequência. Ajustando essa probabilidade de acordo com as características do problema e as condições específicas, é possível manter a diversidade necessária na população sem comprometer o progresso em direção a soluções melhores.

Em resumo, a mutação tem grande influência na capacidade de exploração do espaço de busca em algoritmos genéticos, alterando diretamente a curva de convergência das populações ao longo das gerações. Ao introduzir aleatoriedade nos cromossomos, a mutação promove a diversidade genética necessária para explorar diferentes soluções e evitar a estagnação da população. Assim, a forma como a mutação é implementada e ajustada tem grande importância no sucesso do algoritmo genético na busca por soluções ótimas.

5 Diário de viagem: relato do projeto

Entre o plano e a conclusão está, de fato, a viagem. É na experiência do viajar que encontramos os desafios não previstos e os aprendizados mais valiosos. Tão preciosas quanto o destino final e seus resultados, as memórias preservadas durante o caminho dizem sobre ele próprio, mas dizem também sobre as caminhantes e como elas se transformam pelo percurso.

Destacamos anteriormente, no capítulo 3, que o processo sociotécnico é tão importante quanto os artefatos e resultados obtidos. Portanto, faz-se necessário um capítulo dedicado a retratar o processo de desenvolvimento deste trabalho, destacando as relações, a história do projeto, as tomadas de decisão e a própria relação da teoria com a prática. Ao mesmo tempo, objetiva-se, com este capítulo, registrar, para possíveis pessoas interessadas, uma vivência de engenharia popular em maiores detalhes.

Os relatos apresentados neste capítulo têm como base anotações feitas após cada reunião realizada entre 06/01/2023 e 20/12/2023. Essas reuniões incluíram tanto encontros do projeto com a participação de pessoas da Señoritas, NT-MTST e voluntários quanto reuniões internas com os orientadores e encontros com especialistas ou pesquisadores parceiros. Ao todo, foram documentados 70 registros, em um formato semelhante a atas. Cada registro abrangeu informações sobre expectativas, participantes, temas discutidos, anotações, encaminhamentos e percepções e aprendizados.

Embora nem sempre tenha sido possível preencher todos os campos em cada encontro, os registros foram consistentes nos campos de participantes e anotações. O conteúdo deste capítulo foi construído a partir desses documentos referentes ao período mencionado. Referências a eventos anteriores e posteriores também foram incorporadas para oferecer uma contextualização e entendimento abrangente.

Antes de apresentar a organização deste capítulo, gostaria de contar a história que o motiva. Na Cryptorave 2023, tive o prazer de encontrar Kely (nome fictício), da Señoritas Courier. Em um momento de descontração entre palestras e conversas, compartilhei com ela uma história engraçada de minha vida. A conversa foi mais ou menos assim:

- Kely, já te contei sobre como eu sei fazer parafusos? - perguntei.
- Nunca contou não, diga lá - respondeu ela, curiosa.

Então, relatei a história do episódio desajeitado ao limpar meu notebook seguindo um vídeo na internet. Depois de meticulosamente desmontar e remontar o com-

putador com instruções em vídeo, sobrou um parafuso. Indignado e com o orgulho ferido, realizei o processo novamente e com ainda mais afinco que da primeira vez. Sobraram dois parafusos. Entre risadas compartilhadas, Kely comentou:

- Você tinha que fazer como a gente faz quando desmontamos bicicletas. Eu também acho confuso, são várias peças. O que a gente faz, inclusive ensinamos nas oficinas que damos por aí, é, conforme você vai desmontando, vai organizando as peças em ordem. Assim, para montar, é só fazer o caminho inverso.

A tarefa de documentar o projeto mostrou-se mais simples do que esta aqui, de elaborar os relatos a partir das anotações que fiz das reuniões de que participei. Isso porque, na elaboração deste relato, preciso me haver com uma significativa quantidade de perspectivas possíveis e suas imbricações. Entretanto, lembrar do caminho apresentado por Kely foi essencial para a organização dos meus pensamentos e pareceu também uma forma didática de apresentá-los à pessoa leitora deste texto.

Inspirado pela metodologia de Kely para desmontar e montar bicicletas, adotei um processo semelhante para organizar e relatar os acontecimentos do projeto. A partir das anotações, construí uma linha do tempo, apresentada na Figura 5.1, com os principais marcos, histórias e acontecimentos do projeto. Assim como Kely organiza as peças das bicicletas ao desmontá-las, organizei os eventos do projeto cronologicamente.

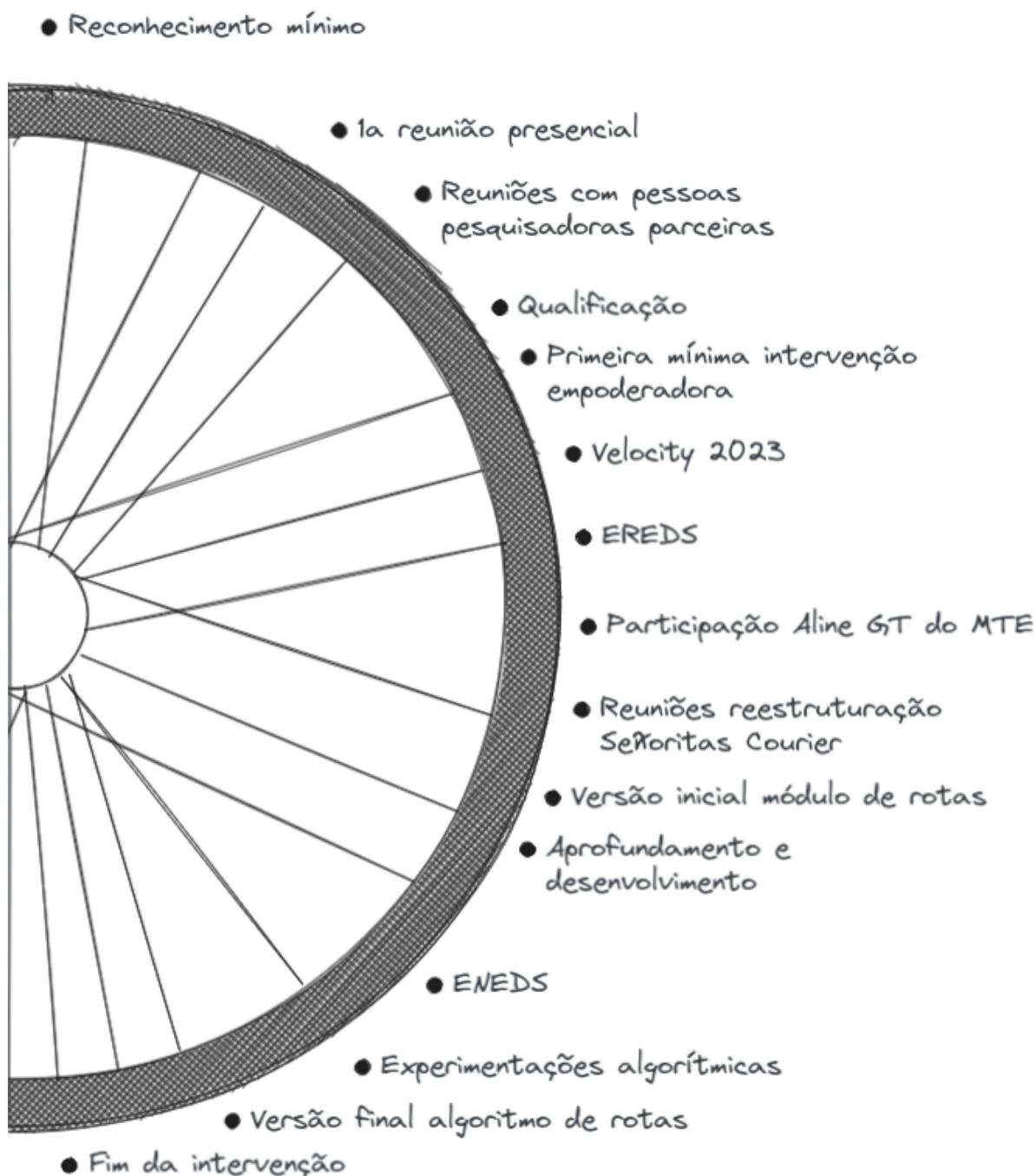


Figura 5.1 – Linha do tempo do projeto com destaque para principais acontecimentos e marcos.

Em diálogo com meus orientadores, escolhemos três perspectivas principais para estruturar esses relatos: minha relação com pessoas do projeto; a história do processo sociotécnico, abordando acontecimentos e resultados; e uma reflexão sobre o encontro de teoria e prática, a práxis. Para cada relato, selecionei eventos e detalhes específicos da linha do tempo que fossem essenciais para ilustrar cada uma dessas perspectivas.

O processo de escolher quais perspectivas seriam enfatizadas implicou, inevitavelmente, na exclusão de algumas em detrimento de outras. A escolha que fizemos, embora

reconhecendo a importância de outras abordagens, busca principalmente refletir sobre as pessoas envolvidas no projeto, seus caminhos, a transformação da cooperativa ao longo do tempo e a interseção entre teoria e prática, elementos essenciais para compreender a essência deste trabalho.

Outras perspectivas possíveis que poderiam ter sido exploradas incluem as relações de gênero e raça, que analisariam como essas dinâmicas influenciam a *Señoritas Courier*; a perspectiva da educação popular, que evidenciaria como os conhecimentos são construídos e difundidos ao longo do projeto. Embora estas abordagens não sejam o foco principal deste trabalho, elas podem ser importantes para compreender dinâmicas do projeto e das pessoas participantes.

5.1 Relações

Ao adotar a perspectiva de Dagnino (DAGNINO, 2019) sobre tecnociência, compreendo que ela é carregada de valores das pessoas envolvidas em um projeto e dos objetivos desse projeto. Portanto, para discutir técnicas, algoritmos e códigos, é necessário relatar o contexto em que eles emergem e como essa emergência modifica o ambiente: a minha relação com as pessoas do projeto e como ela evolui ao longo do tempo.

Para fins de organização, esta seção está separada em duas partes: minhas relações com as pessoas da cooperativa *Señoritas Courier* e voluntárias; e minhas relações com as pessoas do NT-MTST.

Adianto que minha relação com as pessoas da cooperativa *Señoritas Courier* está fortemente vinculada à figura da Aline, devido à proximidade dela do projeto de plataforma. O contato com demais pessoas cooperadas, ainda eu tenha construído com elas relações boas e importantes, foi mais esporso.

5.1.1 *Señoritas Courier*

A despedida aconteceu no cruzamento das ruas Rego Freitas e Marquês de Itu, em meio ao caos sonoro característico da cidade de São Paulo: vozes se mesclando, carros acelerando e sirenes preenchendo qualquer possibilidade de silêncio. Em meio a essa paisagem urbana frenética, eu e Aline nos abraçamos calorosamente, como amigos muito queridos.

- Nos vemos mais tarde então, até mais amigo - se despediu Aline.

Aquelas foram as últimas palavras que ouvi de Aline antes do aguardado evento de lançamento da plataforma de trabalho *Señoritas Courier*, programado para o mesmo dia. No entanto, a história da relação que chegará ao nível do afeto transmitido pelos

nossos abraços e pelas referências de amizade começa no ano de 2020. Foi lá que tomei conhecimento da cooperativa Señoritas Courier, por meio de um grupo de estudos sobre cooperativismo de plataforma, organizado pelo professor Rafael Grohmann, atualmente docente na Universidade Scarborough Toronto. Fiquei deslumbrado com a ideia dessa cooperativa e como se contrapunham ao conceito de uberização, que eu estava começando a compreender. Desde então, cultivei uma grande vontade de conhecer a cooperativa e, talvez, até contribuir de alguma forma com ele, fazer parte de sua história. O desejo de contribuir com minhas habilidades como pessoa desenvolvedora de *software* era impulsionado pelo alinhamento de valores e da própria proposta cooperativa da Señoritas.

Nossa aproximação de fato só foi acontecer no evento *Owning the Future: Sustainably Scaling Platform Cooperatives With the Global South*, realizado em novembro de 2022 no Rio de Janeiro. Foi aí que pude conhecer pessoalmente a Aline Os, fundadora e porta-voz da cooperativa, e conversar com ela sobre uma possível parceria. Fazia pouco tempo que outro evento sobre plataformas havia sido realizado, nele, a Señoritas aproximou do NT-MTST, articulando-se com ele para a construção de uma plataforma para a cooperativa. Porém, ao conversar com a Aline, compreendemos que havia um espaço a ser preenchido: faltava alguém que pudesse construir um algoritmo de elaboração de rotas que preservasse e, talvez, até potencializasse a forma que a Señoritas aprendeu a elaborá-las. Embora não houvesse garantias de sucesso, me comprometi a conduzir esse processo tecnocientífico solidário da melhor forma possível.

O início de minha relação com Aline foi marcado por sentimentos mistos de admiração e insegurança. Eu nutria grande admiração pela figura pública dela, o que me trazia imensa felicidade em participar de um projeto com alguém tão forte e sábia. No entanto, ao mesmo tempo, rondavam em mim pensamentos de insegurança sobre meu não pertencimento à realidade da cooperativa e minha competência técnica para encaminhar o trabalho de construção do algoritmo.

Essas sensações me impulsionaram a dedicar-me mais intensamente às reuniões e atividades do projeto, tanto nas atividades internas junto aos meus orientadores quanto nas reuniões e atividades da plataforma. Nesse momento, estabeleci para mim um objetivo secundário: provar minha competência e justificar minha presença no projeto.

As primeiras conversas na plataforma, com a Señoritas e o NT-MTST, tinham um caráter mais formal de projeto. Eram estruturadas e focadas nas pautas e objetivos, com ênfase na eficiência da comunicação. Essa formalidade inicial, embora necessária para o andamento do projeto de plataforma, reforçava a distância e a insegurança que eu sentia em relação às pessoas da Señoritas e NT-MTST, exigindo um esforço constante para demonstrar meu comprometimento e qualificação.

Essas inseguranças foram reforçadas pela postura inicial de desconfiança que Aline apresentou quanto às reais intenções que eu tinha com o projeto. Nossa relação era muito nova para que ela se sentisse segura quanto ao meu comprometimento com o projeto, a autoria e propriedade do *software* e até minha índole. Por vezes, Aline expôs o medo que tinha de compartilhar como elaborava as rotas, receando que essa informação fosse utilizada para outros fins que não os acordados. Um de seus principais receios era que grandes corporações pudessem se apropriar desse conhecimento para piorar a vida dos trabalhadores.

Um primeiro movimento de mudança na relação ocorreu em uma reunião que tinha como principal ponto justamente o de nos conhecermos. Nela, Aline contou sobre sua vida, pontos-chave que remontavam à fundação da Señoritas Courier, mas também que contavam a história dela, com suas dificuldades e felicidades, e que me fizeram entender melhor quem ela era e desmistificar a visão idealizada que eu tinha construído sobre ela. Essa mudança se intensificou no primeiro encontro presencial que tivemos no espaço social do prédio em que a Aline reside. Nesse sábado, fui recebido com um café e discutimos vários pontos do projeto. Contudo, revisitando minhas anotações dessa época, percebo que o ponto-chave desse encontro foram as conexões criadas. Havia pessoas da Señoritas e do NT-MTST, além de mim e do Cristiano, e pudemos compartilhar nossas intenções com o projeto e partilhar um pouco as nossas vidas. Estar presencialmente com as pessoas foi essencial para criar vínculo e confiança naquele momento.

Foi também nesse encontro que compreendi um pouco mais dos receios que a cooperativa tinha com a academia. Foram relatadas algumas experiências em que pessoas pesquisadoras abordavam as pessoas da Señoritas Courier, coletavam seus dados e entrevistas e iam embora, deixando uma carga de trabalho adicional para a cooperativa e sem oferecer nada em troca ou como retribuição. Compreendi que o tempo para as entrevistas e demais atividades relacionados ao projeto é muito caro para as pessoas cooperadas, que precisam, por exemplo, deixar de trabalhar para participarem dessas atividades (sendo que elas só ganham se estão trabalhando). Entendi, assim, que é necessário estabelecer alguma troca, que recompense essas pessoas por esse tempo. Nesse caso, já havia sido estabelecido como troca o próprio desenvolvimento do algoritmo. De todo modo, nesse primeiro encontro presencial, essas preocupações, que já haviam aparecido de algum modo nas reuniões remotas anteriores, ficaram mais claras.

Foi nesse espaço presencial que tive o maior contato, até então, com outras pessoas cooperadas, para além de Aline. Ouvir suas histórias me ajudou a compreender um pouco mais essas pessoas e a relação delas com a cidade, a tecnologia e o trabalho em uma cooperativa. A tarefa de desenvolvimento ganhava, assim, uma camada adicional, já que agora conhecia as pessoas que seriam impactadas por esse trabalho. Percebo que

surgiu em mim, com isso, um senso de responsabilidade maior. Entendo também que, por meio dessa conexão, tarefas futuras do projeto tiveram maior engajamento da parte das pessoas cooperadas, como no alto número de respostas a um questionário realizado posteriormente.

As reuniões seguintes ao encontro presencial foram mais fluidas na forma de comunicação, deixando os tons formais pra trás. As conversas iniciais passaram a abordar mais o clima, a vida das pessoas e as novidades em geral. Apenas depois disso é que adentrávamos nas pautas programadas da reunião. Foi nessa época também que houve o ingresso da voluntária Lara (nome foi trocado para preservar privacidade) no projeto, como responsável pela área de Experiência de Usuário (User Experience - UX). Embora tenha ingressado perto do terceiro mês desde o início do projeto, Lara já conhecia Aline, e, contando com a confiança desta, foi a primeira pessoa que, alguns anos antes, trouxe a ideia de plataformização para a Señoritas Courier. Foi a partir do ingresso dela que foi adicionado um novo encontro semanal, para discutir a ideia do que seria a plataforma, uma vez que o outro o encontro semanal que se tinha nessa época era destinado ao acompanhamento das tarefas em andamento da plataforma, como decisões técnicas ou análises orçamentárias.

As conversas sobre construção da plataforma foram essenciais para o estreitamento das relações, bem como para o andamento do projeto. Foram reuniões mais intimistas, com menos pessoas participando e com perguntas profundas sobre os objetivos da cooperativa, seu funcionamento, particularidades e casos inusitados. Para responder a essas perguntas, a Aline se apoiava nas histórias da própria cooperativa, relembra de clientes, situações e momentos ora engraçados ora tristes. Acredito que a participação de Lara, com quem a Aline tinha maior abertura, tornou o ambiente mais seguro para esta, de modo que tópicos inicialmente mais sensíveis, como o processo de elaboração de rotas da Señoritas Courier, passaram a ser tratado com mais naturalidade.

Os meses que se seguiram foram marcados por grandes desafios para as pessoas da cooperativa e isso acabou por afetar o projeto como um todo. A primeira dificuldade que abalou o projeto foi a notícia de que duas pessoas que integravam a Señoritas Courier iriam sair para se dedicar a novos empregos. A saída dessas pessoas impactou o grupo de diferentes formas. Primeiramente, e talvez de forma mais prática, a cooperativa passou a contar com menos pessoas para realizar os trabalhos com entregas. Porém, o maior impacto veio na forma de questionamento: e se nem todas as pessoas da cooperativa tiverem como objetivo de vida serem pessoas entregadoras? Foi preciso aprender que, por mais estreito que seja o vínculo criado pela Señoritas Courier entre as pessoas que a compõem, em algum momento, o elo que as conecta pode não ser mais o trabalho realizado junto. Lidar com a dinamicidade de diferentes vidas, com sonhos e planos distintos, mostrou-se desafiador

para o grupo, que, até então, gestava a pretensão de se formalizar como uma cooperativa.

Um segundo desafio que surgiu nesse mesmo período foi o de sobrecarga da Aline. Inicialmente, ela foi causado por uma importante viagem dela à Alemanha, para participar do evento *Velo-city 2023*, que ocorreu em Leipzig, uma conferência que discute o ciclismo de forma geral. Além das tensões com a apresentação, em um evento internacional, conduzida em outra língua, houve também o desafio de arrecadar fundos para custear essa viagem, o que demandou boa dose de trabalho adicional, já que tudo isso teve que ser feito em paralelo ao trabalho de operação da cooperativa e do desenvolvimento da plataforma. A sobrecarga, porém, não se encerrou com a conclusão do evento, que foi substituído, na sequência, pela participação da Aline em um grupo de trabalho do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE) que buscava discutir a regulamentação do trabalho das pessoas trabalhadoras por aplicativo. Embora essa fosse uma excelente oportunidade para debater e lutar por direitos, principalmente para as pessoas entregadoras que utilizam bicicletas, a experiência vivenciada pela Aline foi, além da de sobrecarga, a de se sentir desrespeitada.

Escrevo sobre esses momentos e situações, pois eles foram compartilhados nas reuniões do projeto e, embora pouco tenham a ver diretamente com a construção em si do algoritmo, falam sobre o cenário geral da Señoritas Courier e o estágio das relações das pessoas envolvidas no projeto, que são o lugar e a condição de possibilidade em si da realização de um projeto com pretensões sociotécnicas. Em espaços profissionais convencionais, não há espaço para a “vida pessoal” ou para “abrir-se sobre suas dificuldades que não estão diretamente relacionadas ao trabalho”. Essas situações foram abraçadas pelas pessoas presentes (às reuniões), que, em conjunto, buscaram formas de ajudar, para além apenas da escuta atenta e das palavras de conforto. Por exemplo, convidamos profissionais e pessoas de confiança para encontros temáticos de reestruturação da Señoritas Courier. Por meio das conversas e trocas de experiência sucitadas por esses encontros, as dificuldades foram sendo manejadas, abrindo espaço para que um momento melhor fosse sendo construído tanto para Aline quanto para as demais pessoas envolvidas do projeto.

Os meses finais de 2023 foram marcados por um avanço prático considerável na construção do algoritmo de rotas, por um tom mais bem humorado das reuniões e por uma maior fluidez nas atividades do projeto da plataforma. Em especial, houve dois momentos que selaram as relações desse primeiro ano de projeto. O primeiro foi a convivência que tive com Aline durante o XVIII Encontro Nacional de Engenharia e Desenvolvimento Social (30/10 a 10/11/2023), em Belo Horizonte. Nele, ficamos hospedados na mesma casa, o que possibilitou que encontros e momentos sem uma pauta ou objetivo definidos, como nas reuniões, acontecessem, oferecendo-se como espaço para contarmos piadas, partilharmos histórias ainda mais pessoais e fortalecêssemos uma amizade que passou a transcender o

projeto. O segundo momento ocorreu em uma confraternização de final de ano da própria cooperativa, na qual pude apresentar amigos pessoais às pessoas da Señoritas e celebrar o ano de projeto e as amizades que nasceram com ele.

5.1.2 Núcleo de Tecnologia do MTST

Era abril de 2024. Faltava um mês para o lançamento da plataforma da Señoritas Courier. Havia tarefas demais, e tempo de menos. Nós da equipe de projeto da plataforma decidimos, então, marcar uma última reunião presencial para alinhamento final das tarefas e apresentação, para a cooperativa, das telas da aplicação. Em certo momento da reunião, a palavra é dada para um dos integrantes do NT-MTST, para que ele apresente o aplicativo, a ser utilizado pelas bikers, que integra a plataforma. Faz-se então uma explicação, juntamente com os slides das telas já prontas, sobre a posição dos elementos em tela, a ordem das rotas, as ações que podem ser realizadas e o fluxo de trabalho. Ao final, uma biker levanta a mão e diz:

- Mas isso não funciona pra gente. Ficaria muito melhor se as entregas aparecessem todas juntas e não por pedido.

Eu, particularmente, não atuo nessa parte da plataforma, mas, ainda assim, me subiu um frio pela espinha. A mudança proposta alteraria não apenas a tela, mas toda a lógica por trás dela e até o banco de dados, que já estava pronto. O trabalho seria imenso e o prazo já era curto demais. Entretanto, o que pude observar foram os olhares fixos e atentos das pessoas do NT-MTST, absorvendo cada palavra.

- Tá bom, a gente faz assim. - respondeu com naturalidade o membro que estava apresentando.

Essa cena pode parecer simples, mas ela é rara no trabalho convencional de *software*. As empresas estão constantemente impondo aos usuários – e, no caso das plataformas de trabalho, também às pessoas trabalhadoras – regras e modos de interagir com a tecnologia. Pessoas desenvolvedoras, muitas das vezes, têm um grande apego às suas criações de código, prezando pela suposta eficiência e pelo design elegante das soluções. Com isso, na cena que acabei de narrar da apresentação da plataforma para as pessoas membro da Señoritas, era de se esperar um entrave, uma briga. Foi por isso que me espantei com a naturalidade com que a situação foi encaminhada pelo pessoal do NT-MTST: com uma escuta atenta e um respeito autêntico pelas pessoas da Señoritas. Tenho aprendido muito com os membros do NT-MTST.

Assim como na construção da minha relação com as Señoritas, houve um caminho de conexões e mudanças com as pessoas do NT-MTST. Embora eu já tivesse conhecimento da existência do NT-MTST previamente a encontrá-los neste projeto com a

Señoritas e, inclusive, tivesse conhecido pessoalmente um de seus representantes durante o mesmo evento em que conheci Aline (o *Owning the Future: Sustainably Scaling Platform Cooperatives With the Global South*, em 2022), foi apenas durante a primeira reunião do projeto que de fato conversei em profundidade com essas pessoas.

O início dessa relação foi conturbado. Eram muitas pessoas novas do NT-MTST: cerca de quatro nas primeiras reuniões e outras mais com o desenrolar do projeto. Havia uma insegurança minha sobre meu papel nesse projeto, uma vez que havia uma força de trabalho muito maior que vinha do Núcleo, como costume chamar as pessoas desse grupo, em função de eu ser um e eles, vários. A ideia do algoritmo de rotas tem grande influência na construção da plataforma, ainda que indireta, desde sua arquitetura até as telas para usuários, passando pelo banco de dados. Contudo, me perguntava se eu teria voz de decisão no processo de desenvolvimento dela.

A divisão de responsabilidades não era clara para ninguém, e, com isso, surgiam várias perguntas que, ou geravam conversas longas ou decisões precipitadas. Qual pilha tecnológica escolher? Quais partes de *software* existem? Onde ficarão armazenados os códigos? Serão códigos livres? Tive dificuldade em colocar nesses debates iniciais todas as minhas ideias e opiniões, mas entendo que fui capaz de me posicionar o suficiente para assegurar que meu trabalho teria espaço, contando com ferramentas tecnológicas adequadas e prazos suficientes.

Entendo que essa dificuldade inicial tem a ver com a minha própria personalidade, pois tenho uma certa dificuldade em me impor de imediato, especialmente quando estou inseguro. No entanto, essa dificuldade também pode ser atribuída à disparidade no número de pessoas que integravam cada uma das três partes do projeto: Señoritas (9 pessoas); NT-MTST (4 pessoas); Unicamp (apenas eu). Embora meus orientadores tenham estado sempre presentes para me auxiliar, suas participações diretas no projeto ocorram de forma pontual, em fóruns especiais como o contato inicial com a Señoritas Courier, momentos de partilha de conhecimento do projeto com o professor Valdinei e também discussões sobre compartilhamento de código.

Eu comecei esta seção enaltecendo a forma não convencional de desenvolvimento do Núcleo. Contudo, no início do projeto, não era essa a minha visão. Em minha pesquisa, tenho como proposta investigar metodologias de construção das tecnociências com valores solidários. Porém, não me parecia que essa era a perspectiva ou, ao menos, a prática efetiva do NT-MTST. Com isso, parecia haver uma disputa no formato de condução do projeto, entre, de um lado, aquele que eu gostaria de investigar e aplicar e, de outro, aquele que o Núcleo adotava, que se apoiava em técnicas convencionais das metodologias ágeis, que me pareciam inicialmente ser adotadas de forma acrítica pelo Núcleo (o que implicava, dentre outras coisas, na reprodução de valores capitalistas que fundamentam

tais técnicas e que, em tese, o MTST deplora).

Não houve um momento específico no qual as coisas se assentaram. Contudo, por meio de conversas e reflexões com as pessoas do projeto, meus orientadores e amigos, pude entender que havia a possibilidade de condução de mais de um processo tecnocientífico dentro do mesmo projeto. E, ainda que as partes desse projetos estivessem fortemente conectadas entre si, eu poderia seguir com a investigação da metodologia proposta para a criação do algoritmo de rotas. Essa compreensão aliviou tensões nas relações entre o Núcleo e eu, e possibilitou o desenvolvimento de um sentimento de luta conjunta.

Foi perto da época desse entendimento acerca da possibilidade de uma “coexistência pacífica” dentro de uma aparente diferença ou oposição metodológica que tivemos o primeiro encontro presencial do projeto. Nele, como único representante do NT-MTST, estava presente o Breno (nome foi trocado para preservar privacidade). Do mesmo modo que aconteceu entre a Señoritas e eu, o encontro possibilitou uma aproximação maior também entre eu e o Breno. Eu, que já o havia visto no evento sobre cooperativismo de plataforma, pude conhecê-lo em maior profundidade. Descobrimos que nossa infância tinha transcorrido na mesma cidade de Itatiba, que tínhamos praticamente a mesma idade e que nossas restrições alimentares (vegetarianas) eram parecidas. Isso possibilitou um exercício maior da empatia entre nós do que aquele propiciado, até então, pelos encontros online. A consolidação da relação com o Breno foi importante também porque, com o passar do tempo, ele foi assumindo o papel de responsável ou representante do NT-MTST no projeto, especialmente devido à alta rotatividade dos membros do Núcleo nele, que só se estabilizou mais ao final do ano.

O projeto seguiu com relações muito estáveis, mas, em parte, superficiais com as demais pessoas do Núcleo, em função tanto da alta rotatividade e do elevado número de pessoas do NT-MTST envolvidas, quanto da dinâmica das reuniões de trabalho, que não possibilitava grandes manifestações pessoais. Essa dinâmica mudou apenas com a estabilização da equipe do NT-MTST, próximo do final de 2023 e, sobretudo, ao longo do primeiro semestre de 2024, no bojo da aceleração dos desenvolvimentos da plataforma. O fórum específico para pessoas desenvolvedoras, criado para debater em detalhes assuntos técnicos, foi um palco importante para o estreitamento desses laços. De igual modo, mesmo que as reuniões seguissem tendo um certo senso de urgência e objetividade nas pautas, elas passaram também a ser espaço para que assuntos pessoais, opiniões e temas cotidianos fossem abordados, o que também propiciava o estreitamento das relações. Por fim, o próprio reconhecimento mútuo pelos trabalhos desenvolvidos gerou aproximação.

A cena do início desta seção trouxe minha surpresa positiva quanto à postura das pessoas do Núcleo em relação às reais necessidades da Señoritas Courier, mesmo em um momento com prazos curtos. No entanto, é importante ressaltar que, embora haja

essa preocupação *a posteriori*, a prática do Núcleo não foi efetiva em envolver as pessoas da cooperativa. Isso ocorreu em parte devido à disponibilidade limitada das cooperadas, como já abordei, mas também pela falta de busca por outras vias de participação por parte do Núcleo. Acredito que pressões internas de sua organização e a utilização de metodologias voltadas a produto, como as metodologias ágeis adotadas sem a devida crítica, contribuíram para esse cenário.

Apesar dessas dificuldades, reconheço as boas intenções e o bom trabalho do Núcleo e ressalto que tenho aprendido muito com esse grupo. Assim como eu, o NT-MTST está em um processo de aprendizado, e a Señoritas Courier é um dos poucos projetos externos que realizaram, com a maioria de suas atividades focadas em questões internas do MTST. Portanto, há uma necessidade de crítica construtiva em seus próprios métodos. Acredito que, ao refletirem e ajustarem suas práticas, o Núcleo poderá se tornar ainda mais eficaz em projetos futuros, tanto internos quanto externos.

A relação com as pessoas do Núcleo pode ter iniciado com certa desconfiança e entraves quanto aos rumos do projeto, mas o tempo, as reflexões e o respeito mútuo criaram um ambiente de confiança e parceria. Ainda que subsistam discordâncias e debates, as decisões de projeto vêm sendo tomadas em conjunto, com escuta ativa e foco no objetivo conjunto da luta, que é o empoderamento das pessoas trabalhadoras.

5.2 Processo Sociotécnico

5.2.1 Reconhecimento mínimo

Logo após o início do projeto, o professor Cristiano e eu tivemos nossa primeira reunião a sós com a Aline. Nosso objetivo era nos apresentarmos de forma mais aprofundada, detalhar nossa atuação e ouvir sobre a história da Aline e da Señoritas Courier. Essa reunião marcou o início da etapa que, em nossa metodologia, chamamos de “reconhecimento mínimo”, na qual buscamos compreender o grupo, suas necessidades e juntar conhecimentos e ações para a próxima etapa, de construção do algoritmo de rotas. Em determinado momento da conversa, começamos a discutir os objetivos e o futuro do, até então, coletivo Señoritas Courier.

“Quando eu penso no futuro da Señoritas, me vem uma imagem que vi uma vez num post do Facebook. Era como se fosse um grupo de mulheres, uma estendendo a mão para a outra para sair de um buraco”, disse Aline como quem busca uma imagem na memória.

Nesse momento, compreendemos a essência desse grupo de pessoas. Embora estejam unidas pelo trabalho de entregas e pelos ideais do cicloativismo e cooperativismo,

o verdadeiro propósito da *Señoritas Courier* vai além. Elas buscam criar um espaço de ressignificação da vida, onde há a construção de sonhos e o fortalecimento da autoestima. Esse grupo não tem a ver apenas com trabalho conjunto, mas também com a transformação das vidas das pessoas que participam dele, por meio da descoberta de novas possibilidades e significados em suas jornadas individuais e coletivas.

Essa ideia foi retomada em outros fóruns do projeto que tiveram a participação do NT-MTST e de outras pessoas voluntárias. E, assim, criou-se o entendimento de que o desenvolvimento da plataforma de entregas seria apenas um dos passos que compõem a caminhada assumida pela *Señoritas Courier*, mas não o ponto de chegada dela. Foi a partir dessa compreensão conjunta que começamos a traçar ideias que fundamentaram a condução deste projeto.

Dentre os pontos de comum acordo, entendeu-se que, para haver a emancipação da *Señoritas Courier*, era necessário ir contra os processos de alienação que, muitas vezes, acompanham ferramentas e tecnologias nos ambientes de trabalho. Para isso, as pessoas da *Señoritas* deveriam ter real protagonismo na construção da plataforma, participando ativamente nos espaços de discussão e desenvolvimento. Ao longo do ano, além da Aline, que esteve presente na grande maioria das reuniões, tivemos a participação de todas as bikers em ao menos uma reunião, com falas, sugestões e dúvidas que contribuíram diretamente no projeto.

Outro ponto acordado foi a propriedade comum dos códigos e arquivos gerados durante o processo. Reconhecemos que não há código sem os saberes e experiências da *Señoritas*, assim como sem a força de trabalho voluntária das pessoas desenvolvedoras. Dessa forma, entendemos que os produtos gerados seriam coletivos e que, além das pessoas que compõem o projeto, eles deveriam, de alguma forma, pertencer à classe trabalhadora que busca a emancipação de seu espaço de trabalho, assim como a *Señoritas Courier* o busca.

Para além desses acordos, as reuniões iniciais trataram de aspectos práticos quanto à condução do projeto. Definimos que a comunicação em geral aconteceria por intermédio de um grupo de conversas no WhatsApp. Ademais, teríamos inicialmente uma reunião central semanal para acompanhamento do projeto, que depois acabou se tornando quinzenal.

Na metodologia que adotamos nesta pesquisa, a etapa de reconhecimento mínimo tem como objetivo reunir e organizar conhecimentos, além de realizar as ações necessárias para propor o que chamamos de primeira mínima intervenção empoderadora, que acontece na segunda etapa. É nessa fase inicial que buscamos entender em profundidade as pessoas do grupo e seus objetivos, bem como o funcionamento do grupo. É a

partir de tais informações que podemos planejar intervenções significativas.

Para organizar nossa atuação e trazer mais objetividade ao trabalho, propusemos completar alguns documentos com informações importantes. Isso nos ajudou a manter o foco nas reuniões e a ter um objetivo claro para cada conversa. No entanto, durante o preenchimento desses materiais, surgiam outras questões e histórias que enriqueciam ainda mais nosso entendimento, indo além do simples preenchimento de documentos. Os documentos que consideramos essenciais foram os seguintes:

- Organograma: conhecimento prévio das pessoas cooperadas e suas atividades;
- Fluxograma geral da cooperativa: processo geral da cooperativa e localização da nossa atuação;
- Fluxograma do processo de roteamento: detalhamento do processo de roteamento;
- Questionários: informações iniciais das preferências de rotas por parte das bikers e também seus dados demográficos;
- Diretrizes orçamentárias: limites financeiros dos artefatos tecnológicos;
- Diretrizes de empoderamento: compreensão coletiva das vontades e desejos de emancipação da cooperativa com o projeto;
- Especificações técnicas: linguagens de programação, ambientes, APIs e demais ferramentas utilizadas no processo;
- Caminhos algorítmicos: debate com a literatura para a compreensão das melhores abordagens para os problemas da cooperativa;

Com a intenção de se compreender mais sobre as pessoas que fazem parte da *Señoritas* e como organizam a divisão do trabalho, a primeira documentação priorizada foi a construção de um organograma. Em reunião com Aline, pedimos que nos contasse sobre as pessoas que fazem parte da *Señoritas Courier* e suas funções, e, assim, elaboramos o organograma referente à composição do coletivo no início de 2023 apresentado na Tabela 5.1. As atividades da cooperativa são descritas a seguir:

- **Entregas:**
Atividade principal da cooperativa, onde as integrantes realizam entregas de mercadorias utilizando bicicletas.
- **Passeios:**
Promoção de passeios culturais de bicicleta com instituições parceiras, promovendo um olhar para a cidade de São Paulo a partir da perspectiva das pessoas ciclistas.

- **Oficinas:**
Oficinas de mecânica básica para bicicletas com foco em aumentar a autonomia de pessoas ciclistas sobre seu próprio meio de transporte.
- **Operacional:**
Atividades internas da cooperativa que envolvem elaboração de rotas e acompanhamento diário da operação de entregas.
- **Editais:**
Envolvimento na identificação e aplicação para editais de financiamento, prêmios, e outras oportunidades de apoio financeiro ou institucional para a cooperativa.
- **Projetos:**
Desenvolvimento e execução de projetos específicos que visam melhorar a estrutura e a operação da cooperativa.
- **Administração:**
Atividades internas da cooperativa que envolvem contratos, documentações e negociações comerciais.
- **Financeiro:**
Atividades internas da cooperativa referentes a contabilidade e administração de recursos.
- **Treinamentos:**
Realização de treinamento com novas pessoas que entram para a cooperativa, explicando sua história, funcionamento, direitos e deveres.
- **Projeto Plataforma:**
Participação no projeto de plataformização da cooperativa.
- **Criação (artes):**
Atividades relacionadas à produção de materiais de comunicação visual, como artes gráficas e outros elementos visuais que representam a identidade da cooperativa.

Como estabelecido na introdução desta dissertação, os nomes foram alterados para preservar a privacidade das pessoas envolvidas. No entanto, Aline, liderança da cooperativa, teve seu nome mantido, pois não faria sentido ocultá-lo dado seu reconhecimento como figura pública.

Integrante	Entregas	Passeios	Oficinas	Operacional	Editais	Projetos	Administração	Financeiro	Treinamentos	Plataforma	Criação (artes)
Aline	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Carolzinha	X	X	X							X	
Carol	X	X	X	X	X	X				X	
Isabela	X	X	X								
Kely	X	X	X	X	X	X				X	
Kauã	X	X	X							X	
Maya	X	X	X		X	X				X	
Nicole	X	X	X							X	
Natasha		X	X							X	X
Nádia	X	X	X								

Tabela 5.1 – Organograma Señoritas Courier.

Ainda durante as primeiras reuniões do projeto, discutimos quais tecnologias seriam utilizadas a princípio para o desenvolvimento da plataforma. O NT-MTST definiu tanto o conjunto de ferramentas e linguagens de programação a ser utilizado por sua equipe no desenvolvimento, apresentado na Tabela 5.2, quanto, para a organização do projeto, a plataforma online Notion.

Linguagem de programação Front-End	Java Script React
Linguagem de programação Back-End	Java Script Node
Banco de dados	Postgresql
Repositório	GitHub (Conta MTST - Núcleo de Tecnologia)
Design	Figma

Tabela 5.2 – Especificações técnicas Núcleo de Tecnologia do MTST

Embora a motivação por trás dessas escolhas terem sido a familiaridade dos desenvolvedores do NT-MTST com essas tecnologias e o fato de já fazerem parte do programa de formação do grupo, essas decisões não me contemplavam. Eu não sabia, e continuo não sabendo, programar em JavaScript, o que se apresentou como um desafio à minha participação no projeto.

Dessa forma, apesar das decisões do NT-MTST, optei por desenvolver o algoritmo na linguagem Python, uma vez que tenho maior familiaridade com ela em comparação ao JavaScript. Optamos por utilizar o `openrouteservice` como a API para serviços de roteamento necessários a implementação do algoritmo de rotas.

Além disso, para facilitar o desenvolvimento e implementação da solução algorítmica, utilizei o Flask, um micro framework para web escrito em Python. O Flask é conhecido por sua simplicidade e flexibilidade, permitindo criar aplicações web de maneira rápida e eficiente sem impor uma estrutura rígida. A escolha do formato API será discutida mais detalhadamente mais ao final desta seção. Um resumo das tecnologias utilizadas para o módulo gerador de rotas é apresentado na Tabela 5.3.

Linguagem de programação principal	Python
Serviço de geolocalização	openrouteservice
Framework Web	Flask

Tabela 5.3 – Especificações técnicas do módulo gerador de rotas

Esse tópico, sobre especificações técnicas, destacou a questão orçamentária do projeto. A avaliação dos custos de implementação dos artefatos tecnológicos foi uma tarefa compartilhada entre as demandas específicas do algoritmo de rotas e da plataforma como um todo. Em nossa responsabilidade, dedicamos esforços para realizar um estudo sobre fornecedores de serviços de geolocalização que seriam utilizados na solução algorítmica.

Iniciamos realizando o levantamento dos serviços necessários: obtenção das coordenadas geográficas dos endereços fornecidos, obtenção da distância entre dois pontos e obtenção de uma matriz de distância (ou tempo) entre vários pontos. Em seguida, fizemos uma curadoria de fornecedores de API que pudessem atender a essas demandas, chegando a cinco candidatos: Google Maps, Mapbox, openrouteservice, TomTom e uma combinação de dois serviços open source, OpenStreetMap e Open Source Routing Machine.

Dessa forma organizamos três tabelas comparativas de preços, uma para cada serviço elencado, que são apresentadas em Tabela 5.4, 5.5 e 5.6. Além dessa comparação, realizamos uma rodada qualitativa levando em consideração velocidade de desenvolvimento e alinhamento político com os fornecedores.

Fornecedor	Qtd. endereços sem custo	Preço/Qtd. de requisições
Google Maps	39.000/mês*	R\$ 26,35/1000
Mapbox	100.000/mês	R\$ 3,95/1000
openrouteservice	30.000 - 150.000/mês	Sem opção de cobrança
Tomtom	75.000/mês*	R\$ 2,90/1000
OSRM + Open Street Map	-	Sem opção de cobrança

Tabela 5.4 – Comparação de fornecedores para serviços de coordenadas geográficas.

*: Utilizando todo o crédito gratuito mensal do fornecedor

Fornecedor	Qtd. endereços sem custo	Preço/Qtd. de requisições
Google Maps	39.000/mês*	R\$ 26,35/1000
Mapbox	100.000/mês	R\$ 3,95/1000
openrouteservice	60.000 - 300.000/mês	Sem opção de cobrança
Tomtom	75.000/mês*	R\$ 2,90/1000
OSRM + Open Street Map	-	Sem opção de cobrança

Tabela 5.5 – Comparação de fornecedores para serviços de distância entre dois pontos.

*: Utilizando todo o crédito gratuito mensal do fornecedor

Fornecedor	Qtd. endereços sem custo	Preço/Qtd. de requisições
Google Maps	39.000/mês*	R\$ 26,35/1000
Mapbox	100.000/mês	R\$ 10,54/1000
openrouteservice	37.500.000 - 187.500.000/mês	Sem opção de cobrança
Tomtom	75.000/mês*	R\$ 22,95/1000
OSRM + Open Street Map	-	Sem opção de cobrança

Tabela 5.6 – Comparação de fornecedores para serviços de obtenção de uma matriz de distância (ou tempo) entre vários pontos.

*: Utilizando todo o crédito gratuito mensal do fornecedor

Cabe ressaltar que o fornecedor openrouteservice possui dois planos, para usuários gerais (primeiro valor apresentado) e outro para instituições que se enquadrem em: humanitárias, acadêmicas, governamentais or organizações sem fins lucrativos, apresen-

tado no segundo valor. E também, a combinação OSRM e Open Street Map não tem custo nem limitações encontradas em seus sites de apresentação.

Em seguida, a partir dos dados de entregas já realizadas pela cooperativa, organizamos uma tabela com a estimativa de demanda atual e máxima histórico da cooperativa de cada serviço necessário. Os resultados são apresentados na Tabela 5.7. Após essa análise, escolhemos utilizar a API `openrouteservice` para serviços de geolocalização e roteamento.

Serviço	Demanda Média Atual	Demanda Máxima Histórica
Coordenadas geográficas	150 endereços/mês	400 endereços/mês
Distância entre dois pontos	150 distâncias/mês	400 distâncias/mês
Matriz de distâncias	22.500 endereços/mês	160.000 endereços/mês

Tabela 5.7 – Análise de demanda de serviços de geolocalização

Até essa etapa do projeto, não havia uma definição sobre o formato de implementação da solução algorítmica. Não estava claro se seria um programa para rodar localmente no computador da cooperativa ou se utilizaria um serviço de hospedagem para executar uma aplicação web. Por essa razão, não foram realizadas outras investigações orçamentárias da minha parte.

Ainda nos primeiros meses do projeto, tive uma conversa importante com o professor Valdinei Freire, da USP-EACH, que também realiza pesquisas sobre a otimização de algoritmos de rotas e já teve contato com a *Señoritas Courier*. Ele me trouxe uma percepção valiosa, que pude confirmar ao longo do projeto: ao tratar de assuntos técnicos com pessoas que não possuem especialidade na área, como as participantes da *Señoritas Courier* em relação ao desenvolvimento de *software*, geralmente há uma aceitação maior sem grandes questionamentos. Compreender essa possível passividade é essencial para garantir que, ao facilitar o processo tecnocientífico, estejamos atentos à real concordância ou aceitação das pessoas participantes. Para remediar essa situação, nas tomadas de decisão, podemos apresentar diferentes opções, pontos de vista, prós e contras de cada possibilidade etc., facilitando assim o questionamento e uma participação mais ativa da cooperativa.

Outra preocupação compartilhada pelo professor estava relacionada à suscetibilidade de processos automatizados à manipulação por parte dos usuários, que podem tentar burlar o sistema para obter mais vantagens individuais. Um usuário pode, por exemplo, mudar o endereço de sua residência no sistema para conseguir mais entregas, a depender das regras de roteamento. Nesse momento, uma nova questão foi posta: devemos automatizar o processo de elaboração de rotas de forma integral? Essa questão, ainda que tenha ficado dormente por algum tempo, voltou a emergir mais adiante no projeto. A

discussão aprofundada e a resposta a essa pergunta serão abordadas no capítulo 7.

A primeira reunião presencial do projeto ocorreu em um espaço disponibilizado pela própria Aline, nas áreas comuns do prédio onde ela reside. Nessa oportunidade, apresentamos o Contrato de Pesquisa às integrantes, acordando assim como seria nossa troca, responsabilidades e tempos de projeto. Ao todo, compareceram seis pessoas da *Señoritas* e uma do NT-MTST, e pudemos ouvir vários relatos de situações vividas por essas pessoas em seu cotidiano de trabalho. Os relatos elucidaram ainda mais o despreparo e as violências que a própria cidade e a ausência de políticas públicas exercem sobre as pessoas ciclo entregadoras. Foi possível compreender também os laços de afeto e o trabalho do cuidado que existe entre essas pessoas, um ponto essencial para trabalho em coletividade.

Fomos apresentados às outras atividades que a cooperativa realiza além das entregas, como projetos de ativismo, intervenções artísticas, passeios turísticos e oficinas de mecânica básica para bicicletas. Pelas histórias dessas atividades, percebemos que as pessoas da *Señoritas* têm formações distintas que, combinadas, diversificam a atuação da cooperativa. Outra motivação para essas diferentes atividades é a questão da renda proveniente das entregas, que normalmente não é suficiente para que as pessoas vivam apenas disso. Muitas vezes, elas precisam complementar essa renda com outras tarefas dentro da cooperativa. Além disso, algumas integrantes ainda têm outros trabalhos fora da cooperativa para garantir seu sustento.

Esse desafio financeiro gera outras implicações para as dinâmicas da cooperativa. Trabalhos de organização, reuniões e algumas outras atividades internas costumam não ser remuneradas. Isso significa que o tempo dedicado a entrevistas, encontros, pesquisas, respostas de questionários e outras atividades do projeto não é compensado financeiramente, ocupando boa parte do tempo que as integrantes não estão atuando em trabalhos remunerados (mas que, com frequência, é dedicado a trabalhos de cuidado e reprodução em suas casas). Essa situação levanta uma questão crucial: como podemos lidar com essa escassez de tempo em um projeto que pretende ser construído de forma conjunta?

A primeira tentativa de solução foi a utilização de questionários com o intuito de coletar informações sobre preferências individuais de rotas e dados demográficos das pessoas cooperadas. Esse formato proporcionou uma participação reduzida, mas com a flexibilidade adequada para os tempos escassos das bikers. Ao longo do projeto, foram realizadas outras tentativas de solução para essa questão. Buscamos envolver as pessoas cooperadas, coordenando agendas compatíveis para que pudessem participar das reuniões e, eventualmente, procurando financiamento para que os espaços de formação pudessem ser remunerados. Esse esforço não foi apenas meu, mas de todos os envolvidos no projeto,

incluindo o NT-MTST e a própria cooperativa Señoritas Courier, que se empenharam em criar condições favoráveis para a participação ativa e significativa das bikers.

Após a aprovação do estudo de características do trabalho de pessoas ciclo entregadoras em coletivos de ciclo entregas da cidade de São Paulo (CAAE: 65666622.7.0000.5404) pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Unicamp, um questionário online foi elaborado e enviado para a cooperativa. Totalizaram 7 respostas das 9 pessoas que compunham o grupo na época. Os arquivos contendo as perguntas do questionário, o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e as respostas estão disponibilizados em: <https://drive.google.com/drive/folders/1YH_KUJev83ISqNMlihkGDUuTAsRSavKh?usp=share_link>. A partir dos questionários, pudemos confirmar que as bikers da Señoritas possuem preferências distintas em relação às rotas. Essas variações nas preferências tornam a criação de um algoritmo que atenda a todas as necessidades um desafio complexo.

Para enriquecer nossa experiência e obter novos olhares, meus orientadores e eu marcamos reuniões com outras pessoas fora do projeto. Uma dessas reuniões foi com Alan Tygel, profissional da cooperativa Eita, que desenvolve *software* para movimentos sociais e empreendimentos da economia solidária. Durante nossa conversa, Alan destacou que muitas vezes a melhor ação política é um trabalho técnico bem executado. Ele ressaltou a importância da prática e dos resultados, ainda que a reflexão seja fundamental. Alan também trouxe uma preocupação importante sobre a comunicação, enfatizando como é crucial honrar os saberes das pessoas envolvidas.

Outra conversa significativa que tivemos foi com o professor Valdinei Freire, da USP-EACH, já mencionado anteriormente, agora acompanhado de sua mestrandia Alexia Scheffer. Durante esse encontro, Alexia apresentou seu projeto e pudemos conhecer mais sobre uma abordagem matemática possível para a solução dos desafios enfrentados pela Señoritas Courier. Durante essa conversa, percebemos a quantidade de fatores que poderiam ser levados em consideração na elaboração de rotas e o risco de alguns serem negligenciados. Isso reforçou em nós a convicção de que a solução algorítmica deve ser entendida como um auxílio ao trabalho da Señoritas Courier na elaboração de rotas, e não como uma automação completa desse processo.

Por mais que estivéssemos avançando nas documentações e aprendendo mais sobre a cooperativa, a própria concepção da plataforma ainda era pouco clara para todos do projeto. Não havia clareza sobre o que precisaria ser desenvolvido: se seria um site, um aplicativo para celular ou até mesmo um programa para rodar de maneira local em um computador da cooperativa. Além de dificultar a proposição da primeira mínima intervenção empoderadora de minha parte, essa falta de clareza também complicava o trabalho do NT-MTST, que tinha desenvolvedores alocados, mas sem tarefas concretas.

Sem uma definição clara do escopo da plataforma, ficava difícil direcionar os esforços e recursos de maneira eficiente.

Com o objetivo de definir claramente o escopo da plataforma, organizamos um novo encontro semanal para ajudar a Aline a concretizar a ideia da plataforma. Participavam desse encontro, além dela, eu (na área de pesquisa do algoritmo), Lara (uma voluntária do projeto na equipe de experiência de usuário) e Caio (do NT-MTST, na equipe de organização do projeto, nome trocado para preservar privacidade). Dessa forma, esperávamos alinhar nossas perspectivas e definir os próximos passos de maneira mais concreta e objetiva.

Essas reuniões, no entanto, não foram isentas de atritos. A comunicação e a condução dos encontros frequentemente esbarravam nas diferentes perspectivas que cada pessoa trazia ao fazer perguntas à Aline. Havia muitas pautas e pouco tempo para abordá-las completamente.

Apesar desses desafios, os objetivos individuais acabaram se articulando de maneira construtiva, o que ajudou o grupo a avançar na busca por um escopo mais claro para a plataforma. Cada discussão, embora inicialmente focada em áreas específicas, contribuiu para uma compreensão mais abrangente das necessidades e objetivos do projeto.

Minha atuação também não se restringiu apenas ao desenvolvimento do algoritmo. Atuei ativamente na concepção da plataforma, o que, por sua vez, aprofundou meu entendimento sobre as necessidades algorítmicas do projeto. Isso facilitou a criação de soluções mais alinhadas com a realidade e as expectativas da *Señoritas Courier*.

Foi durante essas reuniões que entendemos que a cooperativa *Señoritas Courier* oferece mais de um tipo de serviço de transporte. Cada tipo de serviço apresenta desafios matemáticos distintos, exigindo diferentes abordagens para a formulação de soluções adequadas. São organizados em três modalidades de pedidos: os Recorrentes, vindos de clientes fixos, os Múltiplos ou Sazonais, que ocorrem de forma esporádica porém em grande quantidades de pontos de entrega e os Avulsos, que vem de demandas pontuais e em pequenas quantidades de pontos de entrega.

A partir desses acúmulos, elaborei um fluxograma geral sobre o processo de entregas da *Señoritas Courier*. Na Figura 5.2, temos o desenho geral do processo aplicado às três modalidades de pedidos, iniciando com a etapa de contato do cliente, seguindo com a negociação, onde pedido de orçamento é transformado em uma proposta de entregas acordada tanto com as pessoas ciclo entregadoras da cooperativa quanto com o cliente e em caso de aceite há uma etapa de acompanhamento até a conclusão das entregas. Caso contrário há um esforço de readequação de datas, horários e pessoas cicloentregadoras para que o pedido possa ser concluído em uma nova proposta e se ainda assim não for

viável a negociação se encerra sem sucesso.

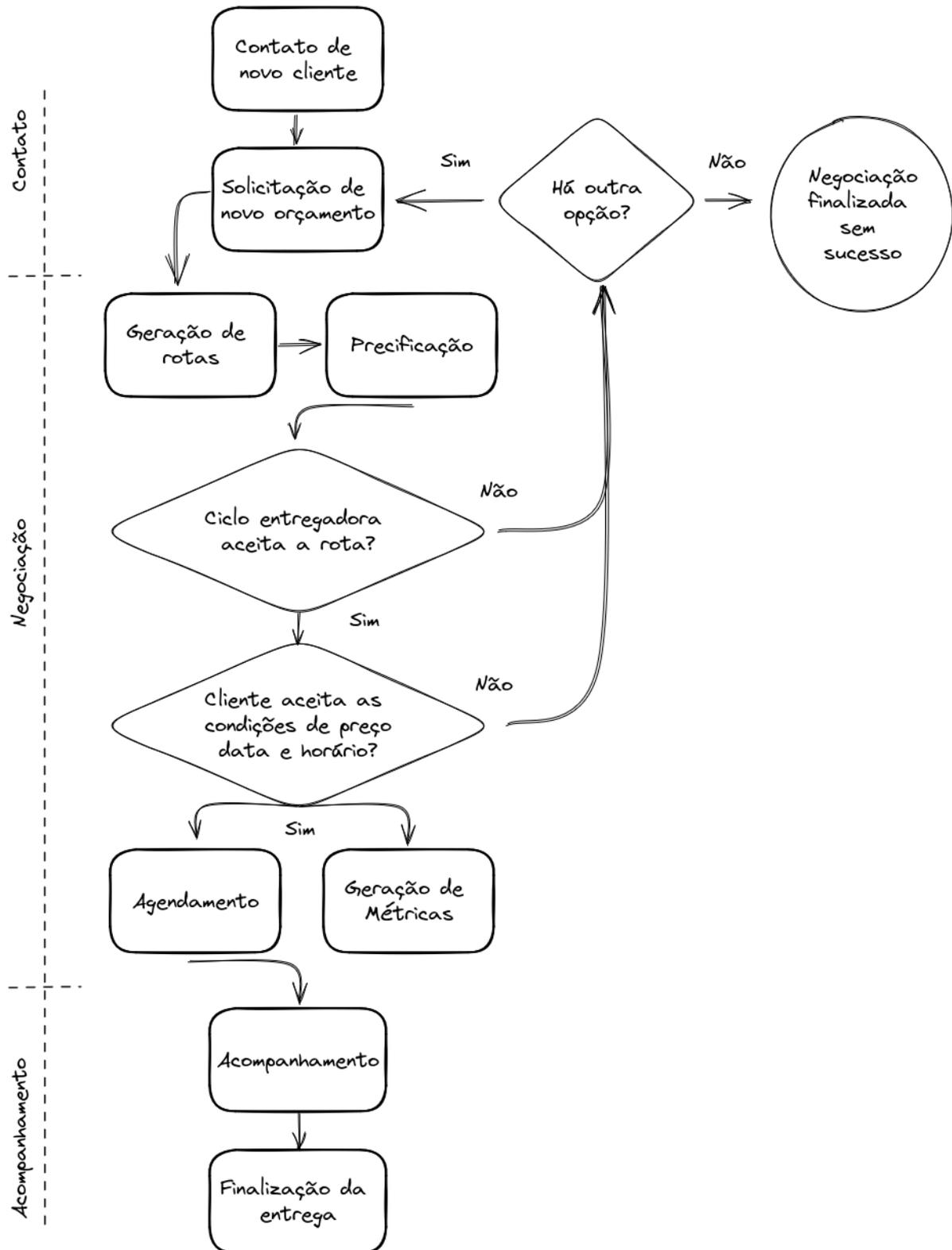


Figura 5.2 – Fluxograma geral da cooperativa

Ao investigar em detalhes o processo de criação de rotas, descobrimos que ele possui variações de acordo com a modalidade de serviço oferecido. A partir das etapas

em comum entre as diferentes formas de elaboração de rotas, elaborei outro fluxograma, exposto na Figura 5.3. Ao receber o pedido, é verificado de prontidão se os endereços de destino estão contidos dentro das áreas geográficas de atuação da cooperativa, pela verificação de seu CEP. Em seguida há uma consulta as informações de disponibilidade das pessoas ciclo entregadoras que contam com: horários disponíveis da semana, distância máxima diária, capacidade de carga em volume e peso, região geográfica atendida (também pelos CEPs) e quantidade de entregas até o momento. Esses dados são utilizados tanto para verificar a possibilidade de realizar o pedido, quanto para se balancear as entregas entre as pessoas cooperadas. Esses dados são atualizados semanalmente pelas pessoas cooperadas, como compromisso de disponibilidade das entregas da semana seguinte.

A combinação dos dados de disponibilidade das entregadoras, os dados do pedido e informações gerais (clima, taxas adicionais, etc) são entradas para o processo de criação dos itinerários de entregas. Após construídas as rotas um processo de precificação é realizado de forma diferente para cada tipo de serviço oferecido. Há ainda a possibilidade de encaixes de rota, que acontecem quando há uma adição ou alteração mínima em rotas preexistentes para se atender a um novo pedido, normalmente aplicado para pedidos da modalidade *Avulso*.

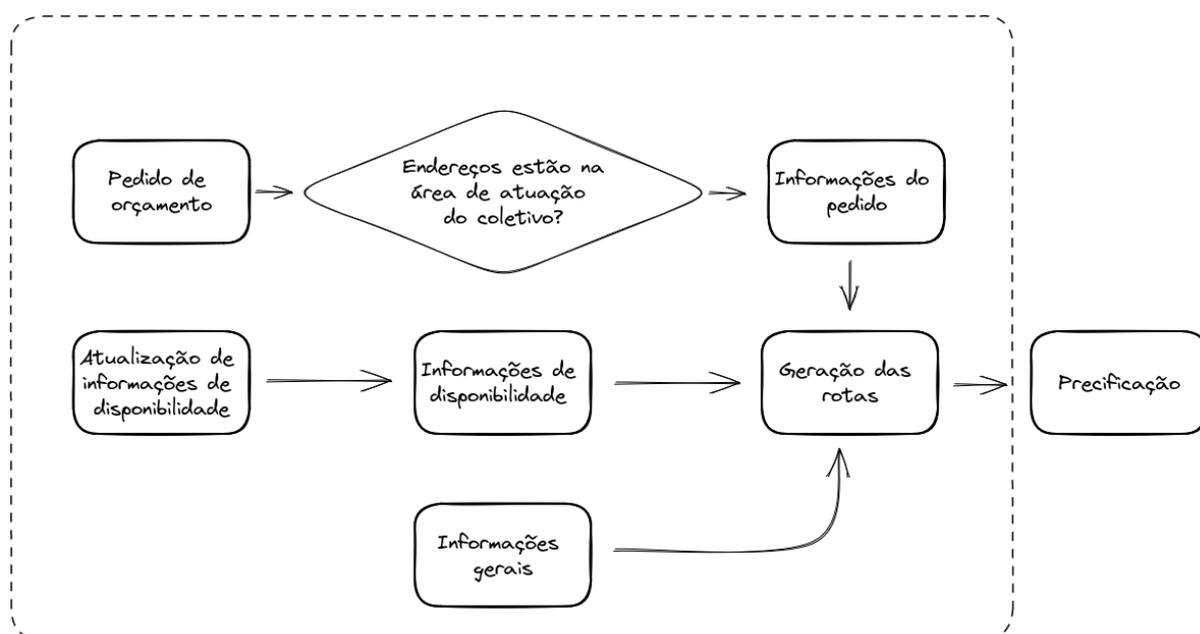


Figura 5.3 – Fluxograma do processo de roteamento

Reunidas as informações sobre os processos relacionados às rotas da cooperativa, foi possível iniciar um diálogo com problemas algorítmicos estudados na academia. Dessa forma, categorizamos os tipos de serviços oferecidos pela Señoritas Courier e relacionamos cada um a problemas matemáticos pertinentes. Os resultados dessa categorização podem ser observados na Tabela 5.8.

Categoria Señoritas	Tipo de Pedido	Problema Matemático	Descrição Geral
Pedido Recorrente	Logística reversa	Problema do Caixeiro Viajante	Circuito coleta de itens com único ponto de entrega
Pedido Recorrente	Entregas múltiplas de depósito único	Problema do roteamento de veículos com único depósito	Coleta de itens em estabelecimento de cliente recorrente e entregas para múltiplos endereços.
Pedido Recorrente	Entregas múltiplas depósitos múltiplos	Problema da coleta e entrega	Coleta de itens em mais de um estabelecimento e entregas para múltiplos endereços.
Pedido Múltiplo/Sazonal	Entregas múltiplas de depósito único	Problema do roteamento de veículos com único depósito	Coleta de itens em estabelecimento de cliente sazonal e entregas para múltiplos endereços.
Pedido Avulso	Entregas simples	Não se aplica	Endereço único de coleta e outro único para entrega
Pedido Avulso	Entregas simples com retorno	Não se aplica	Circuito em 3 pontos, onde a origem e destino coincidem e o intermediário difere
Pedido Avulso	Serviço de concierge	Não se aplica	Ocorre nas variações anteriores com a adição de uma ação da cicloentregadora e/ou tempo de espera/processamento na entrega

Tabela 5.8 – Caminhos algorítmicos - Categorização dos tipos de pedidos da Señoritas e seus respectivos problemas matemáticos

Concluídas as atividades para se compreender o processo atual de roteamento da cooperativa e iniciado o diálogo com a literatura técnica de referência, foi elaborada a primeira mínima intervenção empoderadora. Compreendemos que não há única solução algorítmica estudada na literatura capaz de abranger todos os serviços de entrega prestados pela Señoritas.

Com intuito de tomar uma decisão sobre para qual serviço desenvolveríamos o primeiro algoritmo, realizamos uma análise comparativa entre os possíveis caminhos. Foi levado em consideração o tempo de trabalho necessário para que uma pessoa da Señoritas elabore rotas, o volume de entregas que cada serviço representa no total de entregas

da Senhoritas e o esforço de implementação algorítmica, conforme observado na Tabela 5.9. Essa análise indicou que o serviço de entregas múltiplas de depósito único, tanto na categoria de Pedidos Recorrentes quanto na de Pedidos Múltiplos/Sazonais, era o melhor candidato para implementação na solução algorítmica.

Categoria Senhoritas	Tipo de Pedido	Esforço de Roteamento Senhoritas	Volumetria	Esforço de Implementação Algorítmica
Pedido Recorrente	Logística reversa	Baixo *	Média	Médio
Pedido Recorrente	Entregas de depósito único	Alto (4-6 horas)	Alto	Médio
Pedido Recorrente	Entregas depósitos múltiplos	Alto (4-6 horas)	Médio	Alto
Pedido Múltiplo/Sazonal	Entregas de depósito único	Alto (4-6 horas)	Alto	Médio
Pedido Avulso	Entregas simples	Baixo (1h)	Baixa	Não se aplica
Pedido Avulso	Entregas simples com retorno	Baixo (1h)	Baixa	Não se aplica
Pedido Avulso	Serviço de concierge	Baixo (1h)	Baixa	Não se aplica

* A logística reversa é considerada de baixo esforço porque costumar ter pontos fixos de coleta, bastando elaborar as rotas uma única vez por cliente. As demais tem uma dinamicidade maior de endereços, necessitando elaboração a cada novo pedido, mesmo que de um mesmo cliente.

Tabela 5.9 – Análise de Esforço de Roteamento, Volumetria e Implementação Algorítmica

Com o serviço de entregas escolhido e um possível caminho algorítmico da literatura relacionado a ele, o passo final da proposição dessa primeira mínima intervenção empoderadora foi escolher o formato de implementação. Nesse momento, decidimos, enquanto equipe do projeto, que a plataforma seria uma aplicação web, embora ainda não houvesse outras definições específicas.

Dessa forma, propus que o cálculo das rotas fosse construído de forma modular à plataforma, no formato de uma API (Interface de Programação de Aplicações). Essa abordagem tinha três motivadores principais. O primeiro era que, como dito, a equipe NT-MTST havia escolhido JavaScript como linguagem de programação para o desenvolvimento da plataforma, e eu tinha maior familiaridade com Python. O segundo motivo era que, ao desenvolver as rotas de forma modular, poderíamos reutilizar a mesma base

de código para outras cooperativas, coletivos e grupos, adaptando apenas a lógica de roteamento, conforme necessário. O terceiro motivo era que, como o escopo completo da plataforma ainda não estava definido, criar um módulo de rotas deixava em aberto a possibilidade de integrá-lo a plataforma de diversas maneiras no futuro.

Assim, o caminho seguro para construir a solução algorítmica que permitisse futuras integrações foi criar um módulo gerador de rotas no formato de uma Interface de Programação de Aplicações (API). Com isso, o módulo central poderia utilizar esse serviço de elaboração de rotas enviando as informações sobre as bikers e o pedido e recebendo as rotas para cada biker em retorno.

5.2.2 Primeira mínima solução empoderadora

No final de abril de 2023, as documentações propostas para a etapa reconhecimento mínimo foram completadas. Continuei participando das reuniões do projeto, tanto as gerais, quanto o fórum de construção da plataforma e, em paralelo, iniciei a segunda etapa da metodologia, que buscou propor e implementar a primeira mínima intervenção empoderadora. Esse período foi marcado por desafios para a *Señoritas* e o projeto, começando com a saída de algumas pessoas cooperadas, o que desestabilizou o grupo tanto em sua operação quanto no apoio que vinha dessas relações. Movimentação semelhante ocorreu com pessoas desenvolvedoras do NT-MTST, que, sem tarefas concretas, foram alocadas para outros projetos.

Os esforços que vinham sendo dedicados à elaboração da plataforma foram direcionados para compreender e auxiliar nas problemáticas surgidas com a alteração no quadro da *Señoritas*. Com o auxílio do professor Rafael Grohmann, que se aproximou durante esse período, buscamos especialistas e pessoas interessadas em trabalhar na reestruturação da cooperativa. O principal objetivo era a criação de um plano de negócios que guiasse as ações do grupo e o desenvolvimento da plataforma. Embora as documentações propostas, como o modelo Canvas de negócios, não tenham sido completamente finalizadas, as discussões foram essenciais para superar os desafios enfrentados.

Nesse mesmo período, a Aline foi convidada para participar do evento *Velocity* 2023 na Alemanha, graças à crescente popularidade do projeto, impulsionada por sua aparição em matérias de jornais (GOLDSMAN, 2023). Ela foi apresentar a *Señoritas Courier* e o projeto da plataforma, além de fazer contatos e trazer novidades do mundo da bicicleta. Esse convite trouxe um tom agridoce, pois, além de todas as atividades em curso, houve uma grande dedicação das pessoas da cooperativa para arrecadar fundos para a viagem da Aline. A preparação para o evento foi intensa, adicionando tensão ao já carregado ambiente de trabalho. E inevitavelmente essas tensões chegam às reuniões e

atividades do projeto da plataforma.

Apesar dos desafios, a participação no *Velocity 2023* foi positiva para o projeto. A Aline trouxe várias ideias inspiradoras, além de vislumbres das novas tecnologias de bicicletas elétricas e cargueiras. Esse evento não apenas ampliou nosso horizonte tecnológico, mas também reforçou o sentimento de que nosso projeto poderia transcender a *Señoritas Courier* e beneficiar outros grupos. Assim, começamos a considerar como poderíamos expandir nossa iniciativa para alcançar mais grupos e impactar um número ainda maior de pessoas ciclo entregadoras.

Ainda nessa etapa do projeto, a Aline foi convidada a integrar o Grupo de Trabalho para regulamentação de trabalho por plataformas conduzido pelo Ministério do Trabalho e Emprego (MTE), em diálogo com empresas, sindicatos e grupos representativos dessa classe de pessoas trabalhadoras. No entanto, a Aline se viu como uma das poucas pessoas negras e de classe média baixa e frequentemente a única mulher nas mesas de discussão, enfrentando os desafios significativos como apagamentos e invalidações de suas contribuições. Esse ambiente adverso trouxe dificuldades adicionais para a Aline e seu bem-estar, refletindo-se também no projeto da plataforma.

Para enfrentar esse desafio, dentro do nosso projeto, dedicamos parte das reuniões para ouvir as experiências da Aline, oferecendo suporte e buscando formas de conforto e solidariedade. Embora a experiência no grupo de trabalho tenha sido desgastante, ela também proporcionou contatos interessantes que poderiam beneficiar a expansão futura do nosso projeto. Esses novos relacionamentos abriram portas para possíveis colaborações, ampliando a visão de nosso impacto potencial.

Embora tenhamos encontrado maneiras de lidar com cada um desses desafios e fortalecido uma cultura de cuidado entre as pessoas do projeto, a dificuldade inicial em definir concretamente o escopo da plataforma ainda persistia. Essa indefinição resultou em uma nova alteração nos quadros do NT-MTST, incluindo a saída do Caio, responsável por gerenciar as atividades e a equipe do NT-MTST, que passou essa responsabilidade para o Breno.

Em meio a essa confusão organizacional, algumas soluções começaram a emergir. O grupo conseguiu se formalizar como a Associação *Señoritas Courier*, ganhando assim a possibilidade institucional de receber recursos para a formação interna de pessoas. Uma parceria importante foi estabelecida com a Fundación Mundukide, junto ao governo do País Basco, que proporcionou apoio financeiro e estratégico. Isso abriu espaço para envolver as bikers de forma mais próxima ao projeto, oferecendo bolsas de estudo para que participassem da formação tecnopolítica oferecida pelo NT-MTST. Com o tempo de estudo remunerado, elas puderam se dedicar mais ao projeto e aprender sobre tecnologia de

forma mais aprofundada.

Em paralelo, finalizei a segunda etapa do meu trabalho, com a implementação da Primeira Mínima Solução Empoderadora, um módulo gerador de rotas no formato de uma API (Interface de Programação de Aplicações), conforme explicado ao final da Seção 5.2.1. Entretanto, esta etapa tinha como objetivo realizar uma pequena alteração no ambiente de trabalho da Señoritas que pudesse promover empoderamento e a implementação realizada apresentava algumas barreiras à esse objetivo.

Embora a escolha do formato API esteja alinhada ao desenvolvimento do projeto, ela apresenta dificuldades de uso para as pessoas cooperadas, pois não possui interface gráfica e depende de outros programas para ser utilizada. Para testar esse módulo, pedi ajuda ao NT-MTST para criar uma interface frontend. Sabia que essa tela não seria a versão final, mas uma ferramenta de testes que já poderia ser utilizada pelas pessoas da Señoritas. No entanto, devido às prioridades e recursos disponíveis, essa tarefa acabou não sendo realizada pela equipe NT-MTST.

Para contornar essa situação, desenvolvi uma tela de testes por conta própria que, em vez de receber requisições nos formatos propostos pela API, aceita um arquivo de planilha em formato CSV com os dados de pedidos e bikers, exibindo a resposta diretamente na tela. Um exemplo dessa tela pode ser observado na Figura 5.4. A utilização de planilhas faz parte do cotidiano da Señoritas e dessa forma buscamos aproximar a solução desenvolvida ao cotidiano da cooperativa.

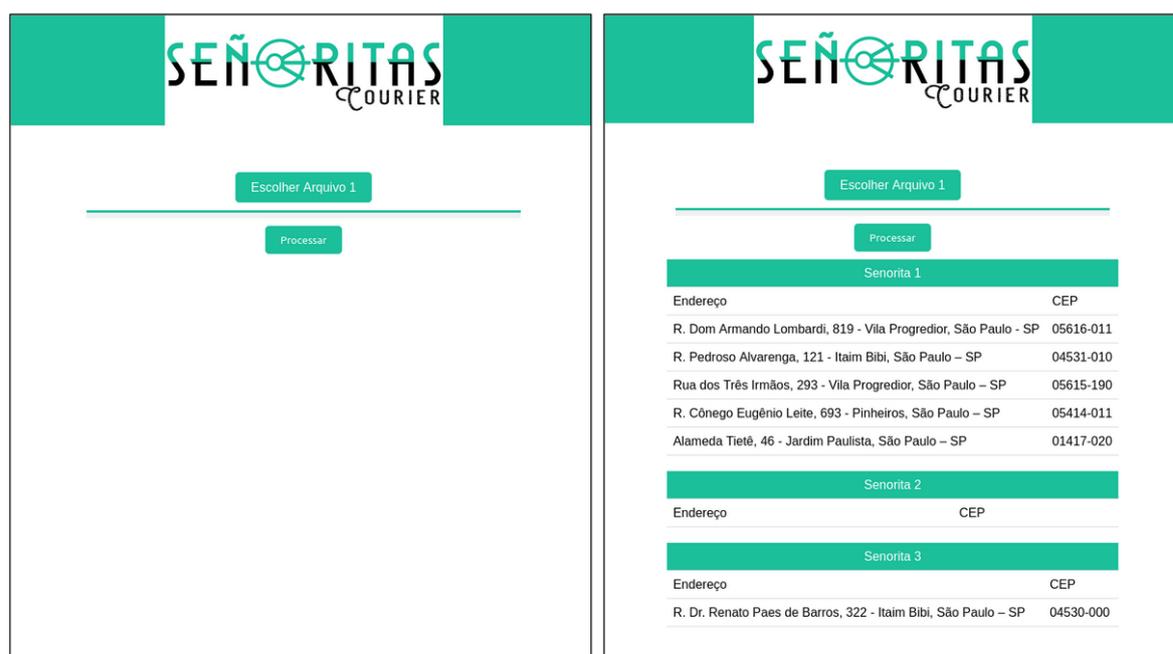


Figura 5.4 – A esquerda vemos a tela de teste inicial que pode receber a planilha de dados do pedido e das bikers; a direita temos um exemplo de resposta do módulo gerador de rotas exibida na tela de teste

O módulo utiliza a API `openrouteservice` para realizar operações de roteamento, como a construção da matriz de distâncias utilizada pelo algoritmo de rotas. Os operadores escolhidos para as etapas do algoritmo genético foram simplificados, permitindo melhorias na próxima fase. Uma descrição detalhada sobre a construção e evolução do algoritmo é apresentada no capítulo 6.

A construção e apresentação do módulo gerador de rotas marcou o fim da segunda etapa de nossa metodologia e o início da terceira e última fase, chamada de aprofundamento e desenvolvimento.

5.2.3 Aprofundamento e desenvolvimento

Com a versão inicial do módulo gerador de rotas desenvolvida, iniciou-se a última etapa da metodologia com foco em aprimorar esta solução algorítmica. O primeiro passo foi selecionar, junto à cooperativa, dados de pedidos e bikers para testar o módulo. Utilizamos dados de pedidos realizados no passado pela cooperativa, na esperança de que o algoritmo traçasse rotas similares às rotas reais, permitindo uma comparação direta. No entanto, as rotas geradas pelo algoritmo diferiram significativamente das rotas traçadas pela cooperativa, ainda que fossem soluções possíveis de ser utilizadas pela *Señoritas*.

Para realizar uma comparação mais precisa, decidimos utilizar métricas, com ênfase na métrica de distâncias totais e por biker. Os testes foram conduzidos por mim e os resultados eram enviados para Aline, que realizava as comparações, analisava as rotas e retornava com sugestões de melhorias. Meu trabalho consistiu em compreender essas sugestões e implementá-las no algoritmo, ajustando as soluções propostas de acordo com os comentários de Aline.

Com o propósito de tornar mais prático realizar os testes, criamos uma seção no código voltada a experimentações. Nessa seção, chamada Laboratório de Algoritmos Bioinspirados (LAB), é possível desenvolver scripts de testes que, a partir de um arquivo com parâmetros de entrada variados, realiza execuções do algoritmo e compila os resultados. Isso facilitou significativamente a condução de testes em grandes quantidades, permitindo, por exemplo, rodar o código 1000 vezes para obter uma média das execuções. Embora o foco majoritário desta etapa tenha sido a melhoria da qualidade das respostas, aspectos de desempenho do algoritmo também foram testados e aprimorados como descrito em maiores detalhes na Seção 6.2. Ao final dessas experimentações e ajustes, as soluções de rotas propostas pelo algoritmo apresentaram resultados satisfatórios para a cooperativa.

Ainda durante essa última etapa, houve uma nova reestruturação na equipe do NT-MTST, consolidando o time atual de desenvolvimento. A partir dessa reestruturação,

o NT-MTST conduziu duas frentes importantes: a formação tecnopolítica das Senhoritas e, em paralelo, o fechamento do escopo da plataforma e o desenvolvimento dela até seu lançamento, que ocorreu em maio de 2024. Em dado momento da formação tecnopolítica, fui convidado a contar sobre o algoritmo em desenvolvimento.

Nesse encontro, que ocorreu remotamente, retomei as ideias da evolução das espécies e dos conhecimentos de genética para ilustrar o funcionamento do algoritmo genético. Após explicar as etapas que compõem a solução, trouxe um exemplo didático no contexto da elaboração de rotas. Percebi, nas pessoas cooperadas que estavam participando, uma curiosidade para além dessa primeira camada de entendimento sobre as etapas do algoritmo.

“Mas como isso funciona na prática?” disse uma integrante da Senhoritas Courier.

Tive dificuldades em aprofundar para além dessa ideia central, dado o curto tempo de exposição e também o detalhamento técnico da solução. Porém, consegui oferecer um vislumbre das principais estruturas de dados utilizadas e da decodificação em vetores de programação das rotas.

Ainda que não tenha obtido grande sucesso nessa explicação, as portas para a curiosidade das bikers se abriu e, com isso, novas vontades e ideias para a continuidade do projeto também surgiram. A ideia de uma metodologia de desenvolvimento que tenha integrada a sua condução processos educativos para que ao final as bikers compreendam em maior profundidade o funcionamento algorítmico da solução e que, a partir da participação possam também contribuir diretamente na evolução do algoritmo.

Em paralelo ao desenvolvimento do módulo gerador de rotas, continuei participando das reuniões, que, com esforços coletivos, concluíram a definição de quais partes comporiam a plataforma. Ela incluiu um site em formato de landing page, com um formulário para recepção de pedidos e um CMS (Sistema de Gerenciamento de Conteúdo) para sua administração. Além disso, incluiu também: um painel de administração que permite o cadastro de bikers e o gerenciamento de pedidos; e um aplicativo para as bikers conduzirem suas atividades de entrega.

Com as definições delimitadas, o projeto ganhou um novo ritmo. Os avanços técnicos na construção da plataforma progrediram rapidamente de dezembro de 2023 até o lançamento dela (maio de 2024). No momento da escrita deste texto (junho de 2024), o projeto ainda se encontra em desenvolvimento e expansão, com entregas sendo feitas semanalmente para concluir o escopo combinado.

Embora o módulo gerador de rotas esteja pronto desde dezembro, sua integração com a plataforma ainda não foi concluída. Outras partes da plataforma foram

priorizadas, para garantir que as etapas necessárias estejam completas antes da utilização adequada do módulo de rotas.

Enquanto a plataforma foi sendo desenvolvida, uma conquista importante foi alcançada pela Señoritas Courier: a formalização como cooperativa. Essa conquista permite que elas tenham um CNPJ, possibilitando a formação de parcerias e acordos comerciais com maior formalidade. No entanto, ser uma cooperativa no Brasil também traz consigo desafios significativos, como impostos elevados para algumas atividades e uma legislação complexa que a Señoritas ainda está aprendendo a navegar. Apesar desses desafios, as possibilidades são promissoras, e a formalização abre novas oportunidades para o crescimento e a sustentabilidade da, agora, cooperativa Señoritas Courier.

5.3 Práxis

Um dos desafios iniciais que enfrentei neste projeto foi conciliar minhas múltiplas responsabilidades: meu trabalho como desenvolvedor de testes em uma empresa de *software* para a área da saúde; as exigências acadêmicas do mestrado; e minha participação ativa no projeto de plataformização da cooperativa Señoritas Courier. Esse desafio não se limitava apenas à gestão de tempo, mas também às diferentes perspectivas que cada papel exigia de mim.

Como profissional, eu estava imerso em um ambiente onde se focava na eficiência e em técnicas de programação voltadas para as tecnociências convencionais. Esse ambiente valoriza a objetividade e a otimização dos processos. Como pesquisador, meu olhar era mais analítico e profundo, frequentemente buscando me distanciar do projeto e da minha atuação nele para obter uma compreensão mais crítica e abrangente, com tempos e ritmos que muitas vezes contrastavam com a urgência prática de um projeto. Já como militante, a prática muitas vezes se sobrepunha à reflexão, com um envolvimento emocional e um apego profundo às causas em que acreditava.

Esse questionamento sobre como conciliar essas perspectivas também foi levantado pela banca de qualificação do mestrado, que perguntou se meu propósito seria mais voltado para a ação prática ou para a escrita acadêmica. Naquele momento, eu não sabia responder com clareza. Eu queria ambos, mas parecia impossível alcançar esse equilíbrio. Esta seção busca justamente expor como esse questionamento foi respondido ao longo do projeto.

Apesar do desafio de conciliar prática e teoria, pesquisa e militância estiveram presentes desde o início. A elaboração da metodologia é um exemplo dessa combinação. Um ano antes de começar este projeto, participei de um coletivo chamado Virassol, no

qual desenvolvemos um site para uma rede de empreendimentos solidários em Goiás. Estudando as experiências de projetos com valores solidários apresentadas na Seção 3, percebi semelhanças com situações no projeto do site. Passar por essa experiência prática e, posteriormente, analisar outras iniciativas similares me proporcionou um aprendizado valioso, que ajudou a aprimorar a metodologia para este projeto.

Dentre esses aprendizados, a importância de cuidar das relações, definir limites e alinhar expectativas levou à criação de um contrato de pesquisa na etapa inicial e à reafirmação desse acordo ao longo do projeto. Essa reflexão também me conscientizou sobre a importância de ouvir e valorizar os conhecimentos das pessoas que integram a *Señoritas*. Elas estão nas ruas no dia a dia e possuem percepções cruciais para o projeto, pois é o trabalho delas que será impactado.

Além disso, no meu trabalho cotidiano, utilizo metodologias ágeis que facilitam minha organização e desempenho. Por isso, incorporei elementos dessas práticas, como a divisão de tarefas em entregáveis e ciclos de trabalho semanais, na abordagem do projeto. Todas essas experiências e aprendizados foram integrados na metodologia proposta, buscando uma sinergia entre teoria e prática.

O processo de qualificação, tanto a escrita da monografia quanto o evento em si de apresentação e troca com a banca, foi um período em que uma demanda acadêmica gerou reflexões e ações práticas para o projeto. O ambiente acadêmico, especialmente nas engenharias, costuma ser pouco receptivo a diferentes abordagens e formatos de pesquisa. No entanto, minha qualificação se destacou nesse contexto, uma vez que meus orientadores são abertos às ideias da engenharia popular e receptivos a novas abordagens. Da mesma forma, os membros convidados para a banca, Celso Alvear e Alan Tygel, compartilham dessa visão, tornando esse momento uma oportunidade valiosa de aconselhamento e aprimoramento do meu trabalho.

Ao ser acolhido e me sentir confortável para dialogar nesse ambiente, encarei a qualificação como uma oportunidade de aconselhamento com profissionais e pesquisadores experientes. Essa postura motivou uma escrita reflexiva sobre os acontecimentos do projeto e também trouxe celeridade para completar as documentações propostas na primeira etapa da metodologia de pesquisa. Dessa forma as trocas durante a qualificação puderam ser dedicadas à discussão das fases do projeto que estavam por vir.

Discorrer sobre os materiais organizados até o momento consolidou percepções iniciais e também trouxe novos entendimentos. Tornou-se claro que a *Señoritas* possui uma gama de serviços diferentes de entregas realizadas por pessoas de diferentes idades e que possuem preferências distintas sobre rotas. À medida que fomos descobrindo que a *Señoritas Courier* era mais complexo do que a visão inicial que tínhamos, também fomos

organizando bem os materiais, e a escrita sistematizada me ajudou a encarar essa complexidade, facilitando a elaboração de estratégias para as próximas etapas da intervenção.

Além do processo de escrita, houve também reflexões profundas geradas por questionamentos levantados durante a apresentação de qualificação. Em especial, os comentários sobre a importância de realizar as entregas técnicas de *software*, para que o projeto não se restringisse apenas à organização de conhecimentos, sublinharam o papel fundamental do algoritmo na plataforma. Esses pontos impulsionaram os passos seguintes do projeto, conferindo um caráter mais prático à minha atuação.

Essa reflexão foi importante para a decisão de definir a primeira mínima intervenção empoderadora como um módulo separado da plataforma. Embora o escopo completo da plataforma ainda não estivesse definido, o desenvolvimento do algoritmo poderia avançar independentemente. Assim, foi importante seguir com a construção do *software* do algoritmo, assegurando o progresso do projeto enquanto a plataforma ainda estava sendo delineada.

Outro questionamento interessante proposto pela banca envolveu a dificuldade, causada pelo uso da primeira pessoa do plural na escrita da monografia, em distinguir minhas contribuições específicas no projeto das contribuições de outras pessoas. Até então, eu não havia compreendido completamente meu papel e me encontrava em conflito sobre a horizontalidade no grupo de projeto da plataforma (Señoritas, NT-MTST, pessoas voluntárias e eu), erroneamente acreditando que todas as pessoas assumiam posições iguais.

Dessa forma, durante as reuniões do projeto, minhas falas eram limitadas às pautas que eu havia proposto enquanto que no restante do tempo eu permanecia em escuta ativa. Mesmo quando tinha ideias ou sugestões, hesitava em compartilhá-las, acreditando que, ao fazer isso, estaria preservando a oportunidade de fala para outras pessoas e mantendo a horizontalidade. Essa hesitação vinha do meu receio de impor minhas opiniões e de perturbar o equilíbrio do grupo.

Contudo, o questionamento da banca durante a qualificação levou-me a um novo entendimento: é possível reconhecer horizontalidade e ao mesmo tempo ter papéis diferentes. Esse pensamento resolveu meu conflito sobre participação, levando-me a expressar mais minhas opiniões nas reuniões do projeto, mesmo em pautas que não eram propostas por ou adereçadas diretamente a mim. Percebi que minha contribuição como pesquisador e desenvolvedor era válida e que minhas ideias poderiam enriquecer o projeto, além da escuta ativa que eu já praticava.

Essa reflexão foi sintetizada em um curso de Engenharia Popular de que participei, conduzido por integrantes da Rede de Engenharia Popular Oswaldo Sevá (REPOS).

Durante o curso, além de ter aulas com pessoas que foram autoras de trabalhos que estudei para criar a metodologia do projeto, fui levado à reflexão coletiva sobre o que significa engenharia popular. Embora o exercício não buscasse uma conclusão definitiva, encontrei uma síntese que consolida a reflexão proposta na qualificação.

O papel da engenharia popular é o de lutar junto a grupos solidários. E lutar junto significa reconhecer os diferentes saberes e compreender que é a partir do encontro e síntese desses saberes que surgem soluções interessantes, com potencial de mudança. Essa compreensão não apenas retoma os aprendizados anteriores, mas também os avança, ao entender que a luta desse projeto também é minha. Ao reconhecer que faço parte dessa luta, percebo que há espaço para minhas opiniões, ideias e vontades, em continuidade à escuta ativa. Isso me faz compreender que realmente faço parte desse projeto e que minha contribuição é fundamental para seu avanço e sucesso.

Os eventos acadêmicos de que participei durante o tempo do projeto também foram importantes para a práxis que busquei praticar. Fui ao IX Encontro Regional de Engenharia para o Desenvolvimento Social Sudeste (EREDS-SE) e ao XVIII Encontro Nacional para o Desenvolvimento Social (ENEDS). No primeiro, um debate crucial sobre racismo ambiental foi introduzido. Esse conceito, que aborda como estruturas racistas colocam pessoas racializadas em ambientes desfavoráveis e mais propensos a desastres climáticos, influenciou meu pensamento sobre o projeto. Embora o racismo ambiental não tenha sido diretamente trabalhado neste projeto, essa discussão contribuiu para garantir que o algoritmo não privilegiasse pessoas entregadoras que moram mais perto do centro da cidade, onde as entregas são mais frequentes. Pessoas que vivem mais afastadas também devem ter asseguradas oportunidades de trabalho com entregas.

Outro ponto relevante desse evento foi o contato com pessoas da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (POLI-USP) que atuam na Incubadora Tecnológica de Cooperativas Populares da USP (ITCP-USP). Atualmente, elas estão em conversas com a Senhoritas para entender como podem contribuir e apoiar o projeto, ampliando assim o número de pessoas voluntárias envolvidas.

No ENEDS, participei enviando um artigo. O processo de escrita dele foi fundamental para que eu elaborasse mais a minha reflexão sobre o projeto. Assim como na qualificação, busquei sintetizar os conhecimentos da primeira etapa. Aqui, ademais, o processo de reflexão crítica e escrita ajudou na construção da primeira mínima intervenção empoderadora (a segunda etapa do projeto). A elaboração do texto facilitou as reflexões e o embasamento para tomar decisões no projeto.

Além disso, a participação no ENEDS proporcionou uma experiência enriquecedora de convívio próximo com a Aline por alguns dias. Ficamos hospedados no mesmo

local, já que ela foi convidada a dar uma palestra sobre o projeto no evento. Essa convivência estreitou nossas relações e fortaleceu a colaboração.

Em ambos os eventos, foi inspirador estar em um ambiente com pessoas dialogando e trabalhando para propósitos semelhantes. Ver outros projetos e conhecer novas pessoas foi motivador: este projeto não está isolado, sozinho no mundo! E assim como aprendi com outros projetos, este pode um dia servir de inspiração para outros, numa relação de trocas e construções de futuros melhores.

A própria dissertação de mestrado se configura como um momento de reflexão que impulsiona ações práticas no projeto. Na seção Conclusões, são apresentadas não apenas as sínteses dos aprendizados, mas também propostas detalhadas de continuidade e melhorias para o desenvolvimento futuro do projeto. Este processo de escrita e reflexão contínua reforça a importância de avaliar criticamente cada etapa do trabalho, garantindo que as decisões sejam bem fundamentadas e que o projeto evolua com os valores solidários pretendidos foco na emancipação das pessoas da Señoritas.

Para finalizar esta seção, gostaria de retomar as preocupações iniciais sobre como conciliar meus diferentes papéis e perspectivas, bem como a teoria e a prática. O processo de escrever artigos, a monografia de qualificação e esta dissertação demonstrou ser um potencializador da prática. Planejar e executar a escrita dependiam dos avanços do projeto. Assim, frequentemente, o planejamento da escrita acelerava o ritmo do progresso das atividades de intervenção, permitindo que fossem concluídas e fornecessem material para a elaboração dos textos.

Além disso, a escrita revelou pensamentos e reflexões que, muitas vezes, não eram perceptíveis. Um exemplo claro disso foi a confusão sobre meu papel no projeto, que se tornou evidente na escrita da monografia da qualificação. Essa percepção mudou minha postura de participação no projeto, conciliando a escuta ativa com a proposição de ideias.

Dessa forma, o exercício de escrever, que também envolve exposição, ao apresentar o trabalho para a banca, para as pessoas pareceristas e/ou em eventos, gera novas ideias e permite a formação de novas conexões com outras pessoas. Esses momentos de troca trouxeram, para mim, novos olhares para o projeto, criando colaborações que, muitas vezes, não surgiriam de outra forma.

Analisar a prática deve levar a proposições concretas, mudanças e ações. A reflexão sobre a prática não deve ser um fim em si mesmo, mas um meio para impulsionar melhorias e inovações. A própria dissertação de mestrado se configura como um momento de reflexão que pode impulsionar ações práticas no projeto.

Por fim, percebo que meus diferentes papéis se complementam e que o exercício

de escrever e fazer podem encontrar uma forma de impulsionar um ao outro. A sinergia entre reflexão e prática, a práxis, traz contribuições significativas ao projeto de plataforma da cooperativa Señoritas Courier e também à minha formação. Embora possa haver dificuldades de organização com tempos, pesquisa, profissão e militância podem ter uma sinergia benéfica a um projeto de tecnociência solidária.

6 Veículo em revisão: Análise do algoritmo construído

Marcas de uma jornada também são observadas nos veículos e equipamentos que utilizamos. É ao realizar uma revisão que podemos compreender não apenas sobre os danos ou gastos, mas também sobre como essa viagem foi conduzida. Utilizamos muito os freios? Mudamos de roda? Trocamos o quadro? Continuamos como antes?

Este capítulo tem um caráter mais técnico, focando em algoritmos e programação, com o objetivo de oferecer uma visão aprofundada do desenvolvimento do módulo gerador de rotas. Será uma oportunidade para entender a lógica por trás das decisões técnicas e a complexidade envolvida na criação de uma solução eficiente e adaptável às necessidades da cooperativa Señoritas Courier.

O capítulo está organizado em três partes principais. Na primeira, conto a história da construção do algoritmo, relatando seus motivadores e a evolução do desenvolvimento ao longo do tempo. A segunda parte apresenta os experimentos realizados com o algoritmo, permitindo compreender melhor seu funcionamento e desempenho em diferentes cenários. Por fim, a terceira parte traz uma análise geral do algoritmo, destacando suas forças, limitações e o potencial para futuras melhorias.

6.1 Construção algorítmica

As descobertas realizadas durante a primeira etapa da pesquisa (reconhecimento mínimo), na qual organizei as informações – especialmente aquelas relacionadas ao processo de entregas da cooperativa –, evidenciaram que a tarefa de construir um algoritmo gerador de rotas seria mais complexa do que inicialmente esperado. Tornou-se claro que não seria possível atender a todas as necessidades da Señoritas com uma única solução algorítmica.

Diante desse cenário, a estratégia adotada foi realizar o desenvolvimento de um algoritmo de roteamento específico para cada serviço. A escolha do primeiro serviço a ser priorizado buscou equilibrar, de um lado, os ganhos da automação com a redução de horas de trabalho de roteamento do serviço de maior volume e maior dificuldade elaboração de rotas, com, de outro lado, a complexidade de desenvolvimento e implementação do algoritmo. A partir dessa base inicial, planejamos abordar as demais frentes de serviço como evolução do projeto.

Pela perspectiva de problemas de roteamento, descobri que a cooperativa divide sua atuação em entregas em dois segmentos de serviços: os pedidos avulsos e os pedidos múltiplos. O primeiro é referente a pedidos com um destino único; e o segundo, a pedidos com vários destinos.

Os pedidos avulsos são tratados como encaixes ou desvios a serem adicionados às rotas previamente elaboradas para os pedidos múltiplos. A elaboração dessas rotas adicionais gera uma carga de trabalho relativamente baixa, estimada em no máximo uma hora. O principal desafio desse processo é determinar para qual membro da cooperativa direcionar a entrega, avaliando tanto a proximidade com a rota do dia dessa pessoa quanto a carga máxima que a biker pode suportar.

O baixo volume de pedidos avulsos, somado à baixa carga de trabalho de geração de rotas que eles requerem, contribuiu para a decisão de direcionar a solução algorítmica para os pedidos múltiplos. Estes, por sua vez, têm maior volume e implicam uma demanda de trabalho maior para a elaboração de rotas, que pode demandar mais de um dia para ser executado.

A Señoritas Courier, além disso, separa o segmento de pedidos múltiplos em pedidos fixos ou sazonais, de acordo com a relação com o cliente. Tal divisão tem grande importância para os processos de precificação do trabalho e para a organização das demandas. Entretanto, ela não gera implicações para o processo de roteamento.

Durante as entrevistas, propusemos uma nova categorização para os pedidos múltiplos, relacionada ao serviço prestado. Nela, foi identificada a prestação de três tipos de serviço em pedidos do segmento múltiplo: logística reversa; entregas múltiplas com depósito único; e as entregas múltiplas com múltiplos depósitos.

O primeiro tipo de serviço (logística reversa) consiste em coletar materiais em pontos preestabelecidos e transportá-los a um destino comum. Ou seja, temos N pontos de coleta e um único ponto de entrega. Um exemplo desse trabalho na rotina da Señoritas é o da coleta de materiais recicláveis nos diferentes estabelecimentos de um cliente, e o transporte desses materiais ao centro de reciclagem.

O segundo tipo de serviço (as entregas múltiplas com depósito único) é oferecido a clientes que possuem um depósito único onde ficam os produtos a serem coletados e depois entregues a destinos preestabelecidos. Para esse caso, temos um único ponto de coleta e N pontos de entrega. Como exemplo, podemos citar uma livraria, cliente da cooperativa, que possui uma única loja, à qual as entregadoras devem ir coletar os pedidos para, então, direcioná-los aos múltiplos destinos.

Por fim, temos as entregas múltiplas com múltiplos depósitos, uma variação do serviço anterior, com a adição de mais de um ponto de coleta. Nesse caso, temos N pontos

de coleta e M pontos de entrega. É exemplo disso uma rede de lojas de cosméticos, que pode vir a se tornar cliente da *Señoritas*, na qual cada uma de suas lojas possui produtos a serem entregues em destinos distintos.

Essa categorização dos serviços marca o início do diálogo entre o processo de rotas da cooperativa e os problemas algorítmicos documentados na academia, uma vez que divide os serviços por tipos de problema de roteirização, de acordo com seu formato e complexidade.

Podemos modelar o primeiro serviço (logística reversa) da seguinte forma: dado um conjunto de ciclo entregadoras, um conjunto de pontos de coleta e o ponto final de entrega, e considerando que as entregadoras iniciam e terminam o percurso no endereço de suas residências, traçar o caminho de menor distância que passa por todos os pontos sem repetição. Esse problema encontra grande similaridade com o clássico Problema do Caixeiro-Viajante (MATAI *et al.*, 2010).

O segundo serviço, entregas com depósito único, pode ser modelado como um problema no qual as ciclo entregadoras partem de suas residências, tendo como primeiro destino o depósito, onde coletam os itens a serem entregues, realizando, a partir daí, todas as entregas e retornando, por fim, às suas residências. Aqui, precisamos considerar restrições de tempo e capacidade de carga. Isso torna esse problema semelhante ao do Roteamento de Veículos (PRV) (TOTH; VIGO, 2002).

Por fim, o serviço de entregas com múltiplos depósitos envolve ciclo entregadoras que partem de suas residências para vários depósitos, realizam coletas e entregas, e retornam às suas casas. Esse serviço assemelha-se ao Problema de Coleta e Entrega, uma variação do PRV, que, além de poder considerar restrições de tempo e capacidade, gerencia múltiplas origens e destinos (SAVELSBERGH; SOL, 1995).

Seguindo a estratégia definida, realizamos uma análise em conjunto com a *Señoritas* para identificar, dentro dos pedidos múltiplos, o serviço com o maior volume de demanda. Concluímos que o serviço de entregas múltiplas com único depósito (o segundo serviço listado acima) possui um volume significativamente superior aos demais. Além disso, reconhecemos que os avanços e aprendizados adquiridos durante o desenvolvimento para esse serviço podem ser aproveitados e adaptados para os outros dois. Dessa forma, decidimos que a primeira versão do algoritmo teria como objetivo propor rotas para entregas múltiplas com único depósito.

Após compreendermos o serviço a ser priorizado, iniciamos o processo de aprendizado sobre como a cooperativa realiza o roteamento para este caso específico. A cooperativa utiliza uma ferramenta de agenda, na qual as bikers declaram seus horários de disponibilidade para entregas com uma semana de antecedência. A pessoa responsável

pela elaboração das rotas organiza os dados de disponibilidade, juntamente com as informações já mapeadas sobre as bicicletas de cada entregadora (incluindo capacidade de peso e volume), áreas de atuação destas na cidade (divididas por CEP) e aspectos pessoais e de cuidado, como o estado de saúde mental delas.

Além disso, temos um conjunto de dados provenientes dos pedidos feitos pelos clientes, nos quais são informados os endereços de entrega e coleta, juntamente com as informações de peso e volume da carga a ser transportada para cada ponto. A partir dessas informações, o processo de roteamento é iniciado com a ordenação dos endereços de entrega por CEP. O código postal é dividido em várias partes: a região, sub-região, setor, sub-setor, divisor de sub-setor e identificadores de distribuição. Com isso, a ordenação das entregas por CEP divide os endereços por regiões da cidade.

O uso do CEP nesse processo da Señoritas tem dois motivadores principais. Primeiro, é possível identificar por ele se há algum endereço de entrega fora da região de atuação da Señoritas. Segundo, para cada biker, há uma definição de quais regiões elas atendem, sendo estas definidas por um raio de distância de suas residências.

Após a organização inicial por CEP, os pontos de entrega são atribuídos às bikers de acordo com as regiões em que cada uma atua. Somente depois dessa distribuição é que a elaboração dos percursos de entregas é realizada, garantindo uma rota eficiente e adequada para cada biker.

As rotas das entregadoras são traçadas utilizando-se uma ferramenta online de mapas. Nesse processo, respeitam-se as restrições e particularidades de cada biker, ao mesmo tempo em que se busca uma equidade de distâncias cobertas por todas elas, uma vez que a remuneração das entregadoras é baseada na quilometragem percorrida. O principal critério de otimização priorizado pela cooperativa é a distância total das rotas, visando à realização de um maior número de entregas, maior retorno financeiro e menor desgaste físico para as bikers.

Normalmente, há uma pessoa responsável por elaborar as rotas. Às vezes, contudo, esse trabalho é dividido com outras pessoas cooperadas. Na divisão do trabalho, cada pessoa envolvida elabora suas próprias rotas e, ao final, comparam-nas entre si, realizando combinações das propostas mais vantajosas. Essa prática assemelha-se ao funcionamento do algoritmo genético, no qual, a cada nova geração, soluções candidatas combinam-se entre si buscando uma solução ainda melhor.

Após a geração das rotas, estas passam por um processo de precificação, validado inicialmente pelas próprias entregadoras que não foram envolvidas diretamente na elaboração dos trajetos e, posteriormente, pelo cliente. Após a validação bem-sucedida, as rotas são confirmadas e agendadas, seguindo-se para a etapa de acompanhamento no

dia das entregas.

Ao estabelecermos o diálogo entre o método de roteamento da Señoritas Courier para o serviço de múltiplas entregas com único ponto de coleta e os problemas estudados na pesquisa operacional, identificamos que o Problema do Roteamento de Veículos (PRV) se assemelha à situação apresentada. No entanto, a fim de preservar aspectos humanos e o trabalho do cuidado fundamentais à cooperativa, foram realizadas adaptações à modelagem do problema.

Em primeiro lugar, é importante ressaltar que não estamos lidando com uma frota de veículos, mas com pessoas entregadoras, com suas capacidades e preferências individuais. Isso demanda que as restrições do problema sejam individualizadas de acordo com cada biker. Além disso, a cooperativa não possui uma sede ou ponto de distribuição fixo, ao contrário do que pressupõe os problemas matemáticos estudados classicamente estudados para esse tipo de problema. As entregadoras iniciam o dia de trabalho em suas residências, e os deslocamentos daí para os pontos de coleta são considerados parte integrante da jornada de trabalho.

Ao considerarmos esses aspectos, dividimos as informações em dois conjuntos de dados distintos: um referente às bikers e outro, aos pedidos. No primeiro conjunto, organizamos as informações de endereço inicial e final para cada biker, juntamente com as restrições individuais relacionadas à capacidade de transporte (peso, volume e distância máxima diária). No segundo conjunto, colocamos informações sobre os pontos de entrega, incluindo endereços de destino, peso e volume de cada carga, bem como detalhes sobre o ponto de coleta. O problema de otimização foi, então, definido como segue:

Dado os conjuntos de informações referentes às pessoas entregadoras e aos pedidos, o objetivo é encontrar o conjunto de rotas percorridas, cada uma realizada por uma única entregadora, começando e terminando em seu ponto de partida. Essas rotas devem realizar as entregas dentro das restrições estipuladas, com o menor custo de transporte possível e, se viável, com uma divisão equitativa das distâncias percorridas pelas entregadoras.

A primeira etapa da intervenção (reconhecimento mínimo) encerrou-se com o problema delineado e a escolha da metodologia de solução (algoritmos genéticos) feita. Em seguida, deu-se início à etapa seguinte (primeira mínima intervenção empoderadora), com o objetivo de implementar uma primeira versão do algoritmo de rotas.

O primeiro passo para a implementação do algoritmo genético foi a escolha da representação computacional, ou codificação, das soluções candidatas. Para isso, utilizou-se um vetor em que as diferentes posições representam os endereços de entrega, enquanto

os valores correspondentes a cada posição representam a biker responsável pela entrega, conforme exemplificado na Figura 6.1.

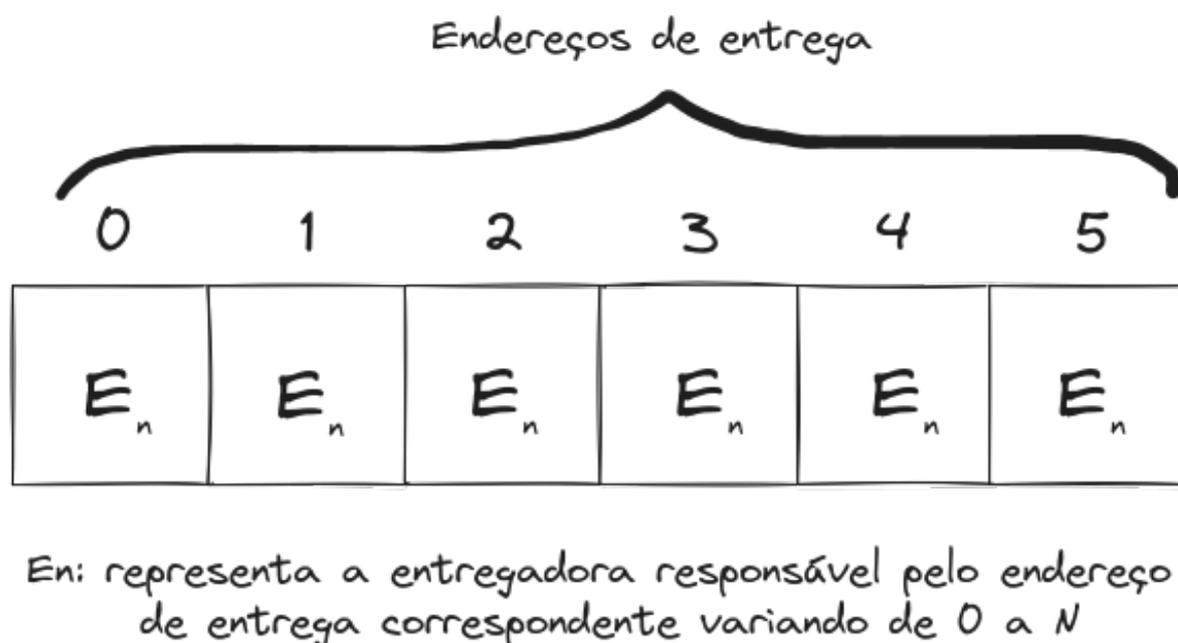


Figura 6.1 – Codificação da solução candidata representando endereços de entrega e biker responsável pela entrega

Essa representação simplifica as etapas de cruzamento e mutação, diminuindo sua complexidade, ao evitar a necessidade de verificação de factibilidade. No entanto, ela não considera a ordem em que as entregas devem ser realizadas. Para contemplar também as ordens de entrega e permitir o cálculo das distâncias das rotas, foi incorporada, na etapa de decodificação das soluções candidatas, uma heurística que busca o trajeto de menor distância para cada conjunto de pontos de entrega sob responsabilidade de cada entregadora.

Há um paralelo interessante entre essa forma de codificação e o processo de roteamento que a Señoritas realiza. A semelhança reside no fato de que a representação escolhida inicialmente divide os pontos de entrega entre as bikers, que é equivalente ao primeiro passo do roteamento realizado pela Señoritas após a organização por CEP, que é atribuir os pontos de entrega às bikers. Apenas posteriormente o trajeto é traçado: no caso do algoritmo, isso ocorre durante a decodificação; no caso do roteamento desenvolvido pela Señoritas, ao utilizar ferramentas de mapas para elaborar os percursos.

O desenvolvimento da primeira versão do algoritmo prosseguiu com a escolha e implementação dos demais operadores e etapas do algoritmo genético. Para a etapa de seleção, que escolhe os elementos da população para gerar indivíduos da nova geração, escolhemos a estratégia de sempre manter a solução de maior pontuação como um dos

elementos geradores e escolher aleatoriamente um outro indivíduo da população para realizar o cruzamento.

Na etapa de cruzamento, inicialmente optamos pelo operador de crossover ordenado (KARAKATIČ; PODGORELEC, 2015). Entretanto, durante a implementação, notou-se que um operador mais adequado ao formato de codificação utilizado seria o crossover de dois pontos (KARAKATIČ; PODGORELEC, 2015), já que preservar a ordem não necessariamente refletiria a propagação de bons genes.

Para a mutação, escolhemos um esquema de mutação pontual (KARAKATIČ; PODGORELEC, 2015), configurado para alterar uma única posição por um valor diferente do atual. Inicialmente, o operador de mutação era aplicado em 100% dos indivíduos, mas, ao realizar um experimento de análise da diversidade da população, compreendemos que seria interessante uma taxa menor de mutação, reduzindo-a para 10%. O experimento será melhor detalhado na Seção 6.2

A última escolha de implementação para a primeira versão do algoritmo foi a etapa de *avaliação*, que foi configurada para classificar as soluções candidatas unicamente pela somatória das distâncias das rotas, elegendo como melhor solução a que tivesse menor valor de distância. Ou seja, calcula-se a distância máxima (d_i) para cada *biker*, e a somatória dessas distâncias (D_{\max}) é a pontuação da solução candidata. Busca-se, a partir disso, a solução de menor pontuação. Esse operador foi denominado *max distance* e sua fórmula está descrita em 6.1. A conclusão dessa primeira versão marcou o fim da segunda e início da última etapa metodológica.

$$D_{\max} = \sum_{i=1}^n d_i \quad (6.1)$$

A última etapa (aprofundamento e desenvolvimento) buscou evoluir a solução construída na etapa anterior em um processo de testes, análise junto à cooperativa e implementação de melhorias. Inicialmente, direcionamos nossos esforços para aprimorar a qualidade de resposta do algoritmo, considerando que a qualidade estava associada à proximidade entre as respostas do algoritmo e aquelas que a cooperativa segue construindo “manualmente”.

A etapa que exerce a maior influência sobre a qualidade das respostas é a avaliação. Portanto, concentramos nossos esforços nessa etapa do algoritmo genético, buscando outros operadores que pudessem trazer melhores resultados.

Para auxiliar esse processo, combinamos uma abordagem quantitativa de experimentações, que avaliavam as respostas obtidas pela solução em diferentes proposições do algoritmo, com uma abordagem qualitativa, na qual as respostas eram enviadas à

pessoa cooperada responsável pela roteirização das entregas, para que ela realizasse suas próprias comparações e verificações com as rotas por ela geradas.

A primeira nova proposta para esse operador acresceu a funcionalidade de penalização de soluções que infringissem restrições do problema. Foram escolhidas as restrições de distância máxima total por *biker*, distância máxima da rota de entregas por *biker*, volume e peso. Cada restrição que fosse infringida causaria uma penalidade (p) à pontuação de distância máxima (D_{\max}) atribuída à solução candidata em questão. Os pesos dessas penalidades (w) foram ajustados empiricamente, num processo iterativo de experimentações, ajustes e comparações com dados “gabarito” providos pelas Señoritas. Esse segundo operador foi denominado *constrained max distance* e é apresentado pela Equação 6.2, onde (p) assume os valores de 1 (quando há penalidade) e 0 (quando não há).

$$\text{Pontuação} = D_{\max} + \sum_{i=1}^n w_i \times p_i \quad (6.2)$$

A última proposta para a etapa de Avaliação testada incorporou às alterações da segunda versão uma penalização progressiva de soluções candidatas, de acordo com a diferença de distância do percurso de entregas entre entregadoras, buscando trazer maior equidade para essa métrica entre as bikers. Ou seja, calculam-se as distâncias de entrega, para cada *biker*, da solução candidata, avaliando-se o quanto variam (α) e aplicando-se uma penalização de peso (q), proporcional a essa taxa de variação. No caso de as distâncias variarem pouco, a penalização é irrisória. Porém, quanto mais distantes ficam, ou quanto mais desigual a distribuição de trabalho entre as *biker* fica, maior a penalidade aplicada. De forma semelhante à construção da segunda versão do operador, o grau de variação e o peso da penalidade foram obtidos de forma empírica. Esse operador foi denominado *progressive constrained max distance* e é apresentado pela Equação 6.3.

$$\text{Pontuação} = D_{\max} + \sum_{i=1}^n w_i \times p_i + \alpha \times q \quad (6.3)$$

Em suma, para esse último caso, além de infrações às restrições graves, que impedem uma rota de ser realizada (por exemplo, por excesso de peso ou volume), há também uma penalidade que varia com o quão bem as distâncias de entrega estão distribuídas entre as bikers. Para o processo empírico de obtenção dos valores para os pesos de penalidade e para o fator de variação, utilizaram-se como base tanto as respostas “gabarito” fornecidas pela Señoritas quanto a avaliação qualitativa que a cooperativa fazia das rotas geradas pelo algoritmo. Os valores em questão foram conseguidos, então, a partir de ajustes nos referidos parâmetros que nos aproximassem de respostas mais satisfatórias

para a cooperativa. Após o período de calibração desses parâmetros, novos testes foram conduzidos, com outras entradas de dados, atestando-se o sucesso dos valores escolhidos.

Para realizar essas experimentações, foi construída uma estrutura integrada ao projeto de API. Criamos uma seção no código, chamada LAB (Laboratório de Algoritmos Bioinspirados), que permite testar o algoritmo de forma mais organizada e sistemática, proporcionando um ambiente controlado para avaliar e refinar a qualidade das soluções geradas. Os resultados desses experimentos estão apresentados na Seção 6.2. Uma visão detalhada das métricas de desempenho e sua análise, tanto do experimento quanto da solução como um todo, é apresentada na Seção 6.3, na qual, adicionalmente, é apresentado um resumo final dos operadores escolhidos.

As mudanças provenientes desse experimento foram as últimas alterações significativas do algoritmo. Após isso, até o lançamento da plataforma da Señoritas, apenas pequenas alterações foram realizadas, sem alterar o funcionamento do algoritmo em si. Essas pequenas mudanças tiveram como objetivo facilitar a integração do módulo gerador de rotas à aplicação central da plataforma.

6.2 Experimentos

Conforme descrito na Seção 6.1, o processo de experimentação foi fundamental para guiar as decisões sobre os operadores utilizados na implementação do algoritmo genético. Nesta seção, estão detalhados os dois principais experimentos realizados com esse objetivo e são apresentados os resultados deles.

6.2.1 Análise da diversidade da população do algoritmo genético

Ao apresentar a versão inicial do algoritmo ao Romis, meu orientador, ele reconheceu seu potencial como ponto de partida, mas questionou a aplicação do operador de mutação. Embora eu tivesse revisado diferentes tipos de operadores, aplicava a mutação em 100% das vezes. Ele sugeriu que essa taxa era muito alta, compartilhando que, por sua experiência, parecia interessante testar uma taxa menor, variando até, no máximo, 10% a 15%.

Taxas muito altas de mutação provocam uma variação de diversidade das soluções candidatas que é muito intensa. Dessa forma, é possível que não haja convergência da população de soluções candidatas para um ótimo local, não havendo refinamento dessas respostas. Por outro lado, se a variação for muito baixa, a convergência pode acontecer muito rapidamente, e o espaço de busca pode ficar limitado aos primeiros ótimos locais encontrados.

Com finalidade de avaliar a variação da diversidade da população do algoritmo genético, elaboramos um experimento que compara as pontuações máximas e médias do algoritmo a cada geração e o realizamos para diferentes taxas de mutação. O experimento utiliza população com 30 indivíduos por 100 gerações usando o mesmo operador de mutação. Os resultados para a taxa de 100%, como foi proposto na primeira versão, e para 10% são apresentados nos gráficos das Figuras 6.2 e 6.3 respectivamente.

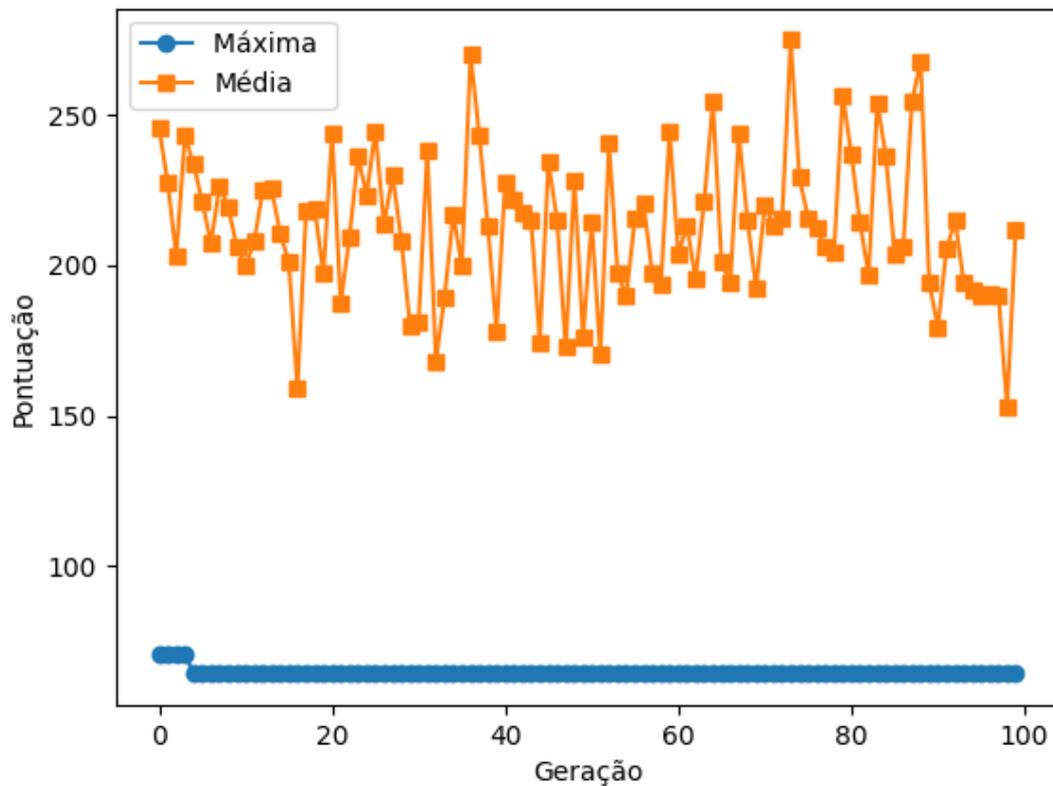


Figura 6.2 – Gráfico comparativo entre pontuação média e máxima por geração, com taxa de mutação em 100%

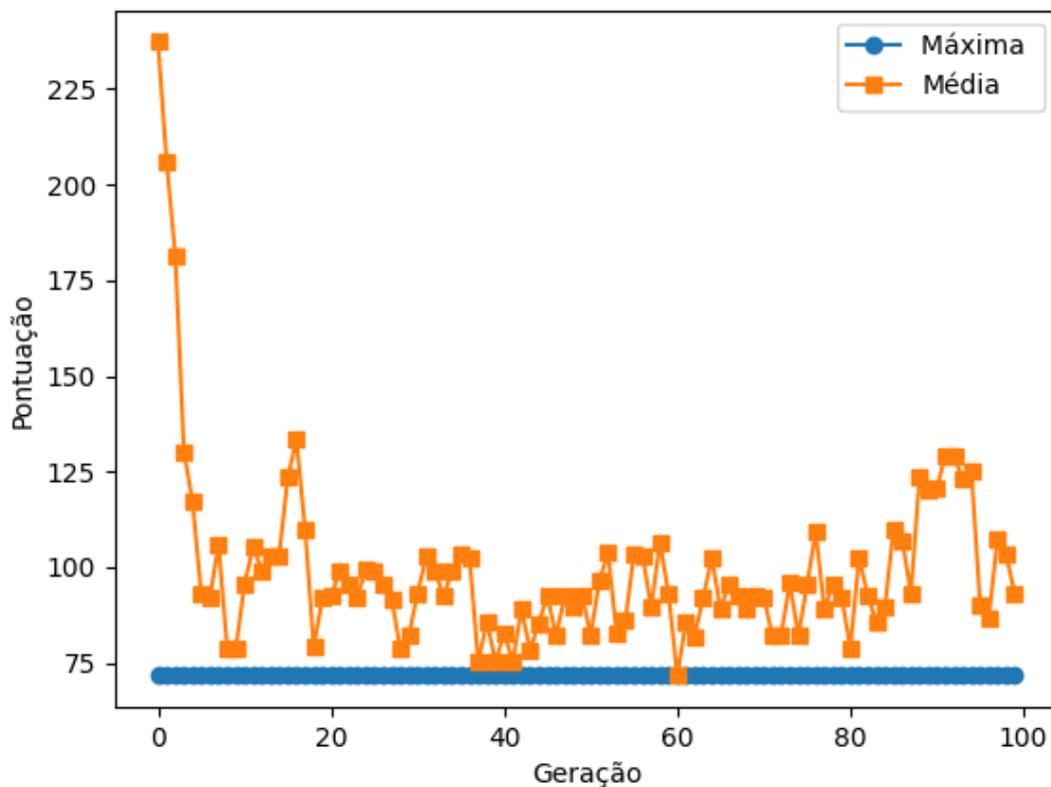


Figura 6.3 – Gráfico comparativo entre pontuação média e máxima por geração, com taxa de mutação em 10%

6.2.2 Análise comparativa de operadores para etapa de Avaliação do algoritmo genético

A primeira versão do algoritmo serviu como um bom ponto de partida. No entanto, ao apresentar os resultados às Senhoritas, elas informaram que as rotas geradas não atendiam às suas demandas específicas. Dessa forma, iniciamos um processo de experimentações para aprimoramento do algoritmo, tendo em mente a etapa de Avaliação, que está diretamente ligada à qualidade das respostas do algoritmo genético.

Construímos, então, um experimento de avaliação das respostas para os três diferentes operadores da etapa de avaliação: *max distance*, *constrained max distance* e *progressive constrained max distance*. O experimento consistiu em executar o algoritmo para cada uma dessas versões 1000 vezes, utilizando o mesmo caso de teste, de modo a obter as métricas de qualidade da solução a serem comparadas. As métricas escolhidas foram: 1) média da distância total dos percursos completos; 2) média da distância total dos percursos de entrega; 3) porcentagem de infração de restrições; e 4) média do desvio padrão entre as distâncias dos percursos de entrega das bikers.

Com as duas primeiras métricas, foi possível avaliar a efetividade do algoritmo em minimizar as distâncias do trajeto. A terceira métrica indicou a factibilidade das soluções apresentadas, já que soluções que não respeitam as restrições não podem ser utilizadas no dia a dia da cooperativa. Por fim, a quarta métrica indicou o balanceamento de equidade na distribuição de trabalho entre as bikers. O cenário de teste utilizado foi disponibilizado pela Señoritas e constou com um serviço de entregas realizado por duas *bikers*, um ponto de coleta e nove endereços de entrega diferentes. Os resultados são apresentados na Tabela 6.1.

Operador de Avaliação	Média da distância total dos percursos completos	Média da distância total dos percursos de entrega	Porcentagem de infração de restrições	Média do desvio padrão entre as distâncias dos percursos de entrega das ciclo entregadoras
Max \hat{D} istance	62.10 km	31.44 km	41.2%	7.92 km
Constrained Max \hat{D} istance	68.66 km	33.03 km	0%	2.40 km
Progressive \hat{C} onstrained Max \hat{D} istance	72.72 km	36.32 km	0%	0.81 km

Tabela 6.1 – Comparação de métricas de qualidade das respostas do algoritmo genético para diferentes operadores da etapa de Avaliação.

6.3 Análise do Algoritmo

A intervenção realizada teve como um de seus objetivos o desenvolvimento de uma solução algorítmica que incorporasse os conhecimentos organizados e desenvolvidos pela Señoritas, em diálogo com os acúmulos acadêmicos sobre problemas clássicos de roteamento. Ao construir o algoritmo dessa forma, buscou-se criar uma solução alinhada aos valores da cooperativa que, ao mesmo tempo, pudesse empoderar as pessoas que dele fazem parte.

Esta seção de análise é organizada em três partes. Primeiramente, são evidenciados os pontos de contato entre a construção do algoritmo e os saberes da Señoritas. Em seguida, são apresentadas as análises sobre os experimentos descritos na seção 6.2, destacando os principais aprendizados e impactos na solução final decorrentes desses experimentos. Por fim, é apresentada a versão final das escolhas para o algoritmo genético e uma análise crítica da solução desenvolvida.

O processo de desenvolvimento desse algoritmo buscou envolver a participação das pessoas cooperadas, de modo que suas contribuições tivessem impacto direto no produto final. Minha compreensão sobre o problema de otimização a ser resolvido veio do diálogo com a cooperativa e de aprendizados sobre o funcionamento dele e os serviços de entregas que presta. A partir dessa compreensão, foi possível relacionar os serviços da Señoritas com problemas de roteamento estudados na academia.

O principal motivador para a escolha dos algoritmos genéticos como abordagem foi a adaptabilidade que trazem, dada a incerteza inicial sobre como o desenvolvimento iria progredir. Ainda assim, foi possível identificar pontos de semelhança com o processo de elaboração de rotas realizado pela Señoritas. A prática de divisão da elaboração de rotas entre os membros cooperados, na qual cada um desenvolve suas próprias rotas e, posteriormente, as combinam com vistas a encontrar as melhores soluções, reflete a lógica dos algoritmos genéticos. De fato, assim como nesse processo da Señoritas, no qual as melhores ideias são combinadas para produzir respostas ainda melhores, os algoritmos genéticos operam combinando soluções para encontrar resultados otimizados a cada nova iteração.

Outro momento da construção do algoritmo que encontrou semelhanças entre práticas da literatura sobre algoritmos genéticos e o processo da cooperativa foi o da codificação das soluções candidatas. De maneira análoga ao processo utilizado pela Señoritas, que primeiramente divide endereços por bikers de acordo com CEP para, só então, traçar as rotas, a codificação construída parte da representação dos pontos de entrega divididos entre as bikers, sem expressar ordem ou um possível trajeto. É apenas na decodificação que o trajeto é traçado. Embora haja diferentes formas de representação das soluções candidatas, a que adotamos foi escolhida a fim de evitar problemas de factibilidade nos operadores de cruzamento e mutação.

Para além dessas semelhanças, há decisões algorítmicas que foram diretamente influenciadas pelo diálogo com a Señoritas. A escolha do principal fator de otimização se deu em conformidade com o fator priorizado pela cooperativa, ao elaborar suas rotas: a distância máxima da somatória dos percursos de todas as bikers. Nas palavras da cooperativa, busca-se minimizar essa distância para que o esforço físico seja o menor possível, as entregas sejam realizadas mais rapidamente e a remuneração das bikers seja a maior possível.

Além do fator de otimização principal, as restrições e penalidades utilizadas na etapa de avaliação foram construídas e calibradas em contato direto e iterativo com a Señoritas. As restrições escolhidas foram aquelas que, quando excedidas, inviabilizam uma rota proposta, ou seja: limite de distância máxima por biker; limite de distância de entregas máximo por biker; limite de peso e volume.

Adicionalmente, um fator foi introduzido para penalizações: a equidade na distribuição de distâncias de entregas entre as bikers. Dado que a remuneração das bikers é feita por quilômetro rodado e não por número de entregas, balancear essa distância também traz equilíbrio na divisão dos lucros de um serviço de entregas.

O ajuste nos pesos dessas penalidades foi realizado num processo iterativo, em que se comparavam respostas geradas pelo algoritmo com respostas providas pelo grupo. Além da análise realizada por mim, ao apresentar as respostas algorítmicas à cooperativa, seus comentários e sugestões eram levados em consideração para futuras calibrações dessas variáveis.

Além da iteração com a Señoritas, experimentos foram realizados no algoritmo para seu refinamento. Na seção 6.2, foram apresentados dois experimentos: o primeiro, voltado ao comportamento do algoritmo genético; e o segundo, às respostas geradas por ele. A partir do primeiro experimento, foi compreendido que a taxa de aplicação do operador de mutação está diretamente relacionada à variação da diversidade da população ao longo das gerações.

Uma taxa de mutação muito elevada dificulta o processo de convergência das respostas, impedindo o refinamento adequado. Por outro lado, uma taxa muito baixa resulta em convergência nas primeiras gerações, que acaba sendo mantida até o final. Nesse caso, a rápida convergência impede a busca por outros máximos locais, fazendo com que a resposta final tenda a ser um máximo encontrado nas primeiras gerações. Portanto, é crucial ajustar esse fator para permitir a busca por outros máximos locais e um refinamento contínuo ao longo do processo. A taxa de 10% provou-se eficiente para esse objetivo e foi adotada no projeto.

O segundo experimento traz uma análise quantitativa sobre a qualidade das respostas do algoritmo em diferentes versões do operador da etapa de Avaliação. Ao analisar os resultados organizados na Tabela 6.1, é possível compreender que os operadores obtiveram desempenhos diferentes quanto às métricas observadas.

O primeiro (*max distance*), obteve maior otimização das distâncias em relação aos demais. Entretanto, ele acabou por infringir restrições e desbalancear a carga de trabalho entre as entregadoras. O segundo operador (*constrained max distance*), projetado para evitar a infração de restrições, reduz a porcentagem de infrações a zero, cumprindo seu papel para este tipo de teste, embora aumente as distâncias máximas. Já o último operador (*progressive constrained max distance*), além de persistir com a porcentagem de infrações em zero, também traz maior balanceamento de carga de trabalho entre as bikers, que pode ser observado pela média do desvio padrão.

As proposições de operadores foram realizadas a medida que as soluções não

agradavam às Señoritas. Ou seja, após a análise qualitativa delas, novos operadores eram propostos e passavam por análises quantitativas. O último operador proposto trouxe um aumento na qualidade das respostas, em termos de infração de restrições e de balanceamento de carga de trabalho. Contudo, o custo dessas melhorias foi observado no aumento das distâncias totais a serem percorridas. Ainda que haja esse revés, esse foi o operador escolhido para compor o algoritmo final. Um resumo dos principais operadores é apresentado na Tabela 6.2.

Etapas do Algoritmo Genético	Operador
Avaliação	Progressive Constrained Max Distance
Cruzamento	Cruzamento de dois pontos
Mutação	Mutação pontual (10% de frequência de aplicação)

Tabela 6.2 – Etapas do algoritmo genético e operadores correspondentes

O desenvolvimento do algoritmo buscou envolver a participação da Señoritas e estabelecer um diálogo entre os conhecimentos por elas desenvolvidos e os saberes acadêmicos relacionados a algoritmos genéticos e problemas de roteamento. Durante o processo, foram identificadas semelhanças entre esses dois tipos de conhecimento, e decisões de desenvolvimento foram tomadas para que a implementação final refletisse essas influências. Esse processo mostrou-se benéfico não apenas para atingir o objetivo de construir um algoritmo que combinasse esses saberes, mas também para garantir que os resultados finais realmente empoderassem a cooperativa. Esse empoderamento se manifesta, primeiramente, na qualidade das respostas geradas pela solução algorítmica durante os testes, que satisfaz as pessoas da Señoritas, por ser igual ou melhor do que a qualidade das rotas construídas pela cooperativa. Além disso, o algoritmo possibilita também uma enorme economia de tempo no trabalho de construção das rotas da cooperativa. No capítulo 7, voltaremos a discutir o empoderamento da Señoritas potencializado pelo projeto descrito nesta dissertação.

Envolver as pessoas do grupo impactado pela intervenção sociotécnica no processo de desenvolvimento da tecnologia buscada pelo grupo mostrou-se benéfico tanto na concepção quanto no próprio desenvolvimento e refinamento da solução. Ao final, gerou-se uma solução que tem, em sua composição, a essência desse grupo e que atende às demandas dele.

7 Marcas da jornada: Resultados e Análise da Metodologia

A viagem refaz a pessoa viajante; o indivíduo que parte não é o mesmo que retorna. Os aprendizados, vivências, experimentos, erros e acertos tornam impossível que se retorne igual de uma jornada: a jornada, quando autêntico processo de encontro e aprendizado, transforma. É ao olhar para essas marcas adquiridas durante a viagem que entendemos para onde fomos e quem nos tornamos.

Este capítulo de análise da metodologia de intervenção realizada está dividido em duas seções principais. A primeira oferece um olhar crítico sobre as etapas da metodologia, destacando acertos, erros e ajustes feitos ao longo do percurso, com o objetivo de sistematizar os aprendizados desta experiência. Em seguida, é apresentada uma perspectiva sobre os impactos da intervenção na Señoritas Courier, amparada pelas dimensões de empoderamento propostas por Kleba e Cruz (2022).

7.1 Análise crítica das etapas metodológicas

A metodologia proposta e conduzida durante a intervenção deste projeto visou desenvolver um *software* que incorporasse, na sua produção final, os valores, práticas, experiências e saberes das pessoas trabalhadoras. Tanto esse produto quanto o processo sociotécnico de construção dele buscavam, acima de tudo, empoderar a Señoritas e suas participantes. O esforço em analisar as etapas metodológicas e seus resultados busca não apenas documentar o processo, mas também contribuir para o repertório de metodologias que possam auxiliar pessoas a conduzirem processos sociotécnicos de forma solidária.

Como explicado, a abordagem aqui adotada, partindo de algumas abordagens exitosas, desenvolveu-se em três etapas. Na primeira, denominada reconhecimento mínimo, foram construídas as bases do projeto, focando na construção de uma relação de confiança e cooperação entre os grupos envolvidos e na reunião, a partir disso, das informações necessárias para se avançar na intervenção. Em seguida, a primeira mínima intervenção empoderadora foi realizada, objetivando implementar uma primeira menor intervenção possível, a ser avançada na etapa seguinte, mas que já promovesse algum empoderamento da cooperativa, seja através da introdução de um novo artefato tecnológico ou readequação de um existente. Finalmente, a etapa de aprofundamento e desenvolvimento envolveu a evolução incremental e iterativa da intervenção inicial, buscando, para tanto, a participação ativa de pessoas da cooperativa até sua conclusão.

Dada essa estrutura metodológica, nesta parte, partiremos da análise de cada uma das etapas mencionadas, à qual se seguirá uma análise final, que abordará aspectos gerais da intervenção. Busquei, dessa forma, oferecer uma visão detalhada e organizada dos processos, desafios e resultados obtidos ao longo do projeto.

7.1.1 Análise do reconhecimento mínimo

A primeira ação tomada nessa etapa da intervenção foi a realização de um contrato verbal de pesquisa, tanto estabelecendo o caminho metodológico escolhido quanto acordando os tempos da intervenção e a propriedade dos produtos que viessem a ser gerados nesse processo.

Foi definido que a intervenção seria realizada entre janeiro e dezembro de 2023, período que acabou se prolongando, em decorrência do estreitamento da parceria. Ao trazer a forma como eu gostaria de conduzir a intervenção, a Señoritas apresentou sua disponibilidade, explicitando um desafio: o da falta de tempo para o envolvimento das pessoas cooperadas, por conta de suas rotinas de trabalho produtivo e reprodutivo extensas. Isso me levou a ajustar os formatos de participação, utilizando, por exemplo, questionários de resposta assíncrona, ao invés de entrevistas (síncronas) com todas as bikers.

Sobre os produtos gerados, equipe Unicamp e Señoritas Courier acordamos que essas produções seriam coletivas, uma vez que a construção delas conjugaria os conhecimentos da cooperativa e os conhecimentos acadêmicos e profissionais do pessoal da universidade envolvida nesse processo. Esse acordo é importante para a discussão quanto ao compartilhamento dessa tecnologia e o formato livre ou fechado do *software*, que discutirei mais a fundo na Seção 7.1.4.

Ter acordos bem estabelecidos sobre formato, prazos/tempos e sobre os produtos gerados é essencial para garantir clareza e alinhamento entre todas as partes envolvidas, facilitando o processo de colaboração e evitando mal-entendidos futuros.

A relação e a construção de confiança mútua foram desenvolvidas durante as reuniões virtuais, com momentos presenciais pontuais, que atuaram como potencializadores desse vínculo. Em paralelo, para organizar as informações necessárias para a próxima etapa, objetivos foram traçados, como compreender a cooperativa, o processo de rotas, as tecnologias utilizadas e o orçamento disponível. Decidi materializar esses objetivos em documentações.

Essa escolha mostrou-se benéfica, pois estabeleceu focos claros para as reuniões, com temas específicos para cada documento. Após serem redigidos, os documentos foram validados pela Señoritas, trazendo uma verificação e confiabilidade nos entendi-

mentos. Além disso, essas documentações tornaram-se objetos práticos de consulta para as construções e planejamentos posteriores.

Mesmo com um tema definido para cada reunião, outros aspectos surgiam durante essas conversas. Quando debatemos nas reuniões de projeto sobre especificações técnicas, por exemplo, surgiram questões sobre manutenção e custos. Esses tópicos levantaram também o interesse de algumas pessoas cooperadas em, após concluírem as diferentes formações técnicas que têm buscado e realizado, assumirem algumas dessas responsabilidades.

Ao final, das oito documentações propostas, sete foram concluídas. A documentação que não foi concluída dizia respeito às diretrizes de empoderamento. Nosso objetivo era reunir a cooperativa para, juntos, definirmos quais objetivos de empoderamento gostaríamos de alcançar ao final da intervenção.

A não finalização dessa documentação ocorreu devido à dificuldade de realizar um momento coletivo, considerando a limitação de tempo das bikers. Alternativas assíncronas, como questionários, foram descartadas para esse tópico, pois entendemos que, aqui, estaríamos em face de uma construção mais complexa e sutil, que precisaria ser conduzida com diálogos e trocas coletivas síncronas – e, preferencialmente, presenciais. Mesmo sem definir formalmente as diretrizes de empoderamento, acreditamos que o envolvimento da cooperativa no processo de desenvolvimento traria esse empoderamento, apenas que sem um guia estruturado a ser seguido durante a intervenção. A Seção 7.2 utiliza as mesmas referências que seriam empregadas para essa construção coletiva, agora aplicadas retrospectivamente para avaliar os impactos de empoderamento alcançados pela intervenção realizada.

Ao final desta etapa, foi possível, com base nas conversas e documentações, construir a ideia da primeira mínima intervenção empoderadora. Essa ideia se fundou nas documentações construídas e na relação e confiança construídas entre mim e a Señoritas. Foi essa relação de confiança que permitiu que as conversas se tornassem mais fluidas e que informações importantes sobre o funcionamento da cooperativa fossem compartilhadas. Embora eu tenha encontrado dificuldades em envolver as bikers de forma mais próxima para diálogos de qualidade, a conclusão desta etapa forneceu uma base sólida o suficiente para os próximos passos da intervenção. Isso parece ter sido o caso porque a pessoa cooperada com a qual o contato foi muito próximo era tanto a fundadora e a liderança da Señoritas, quanto aquela cuja atividade seria diretamente impactada pela construção do algoritmo e que detinha os conhecimentos sobre a construção das rotas (cuja automatização se buscava com tal algoritmo).

7.1.2 Análise da primeira mínima intervenção empoderadora

A partir da proposição construída na primeira etapa, a segunda teve como objetivo a construção da primeira mínima intervenção empoderadora: o módulo gerador de rotas da plataforma. A intenção em construir esse módulo teve dois motivadores principais. O primeiro era, de fato, desenvolver o código base da solução, com as etapas principais do algoritmo genético, para obter as primeiras sugestões de rotas. O segundo motivador foi inserir essa nova tecnologia no cotidiano da cooperativa e acompanhar os impactos dessa alteração no espaço de trabalho. Eu acreditava que, ao fazer isso, poderia evitar ou mitigar impactos indesejados da intervenção, como a fragilização da tomada de decisão do grupo ou o distanciamento do contato pessoal e do trabalho de cuidado, substituindo-os por um processo automatizado.

Quanto à construção do módulo, obtive sucesso no desenvolvimento da primeira versão. O *software* contou com a interface API para integração futura com o módulo central da plataforma, com a implementação da primeira versão do algoritmo genético e com uma interface gráfica para testes e utilização da Señoritas. Como discutido no capítulo 6, ao longo do processo de desenvolvimento, foram notados dois pontos de semelhanças entre as técnicas de solução de problemas de otimização de rotas e a forma de roteamento da Señoritas.

A forma como a Señoritas elabora suas rotas assemelha-se ao algoritmo genético, uma vez que em ambos os casos, soluções preliminares são combinadas na busca de uma solução melhor. No caso da Señoritas, quando duas pessoas estão traçando rotas, elas comparam suas proposições e chegam a um roteiro final, combinando as melhores partes. De forma análoga, as soluções candidatas do algoritmo genético passam pelas etapas de cruzamento para criar a próxima geração de soluções, com o objetivo de otimizar seus indivíduos.

Outro ponto de semelhança está na escolha da codificação das soluções candidatas e no processo inicial de elaboração de rotas da Señoritas. Ambos os processos têm como primeiro passo a atribuição de endereços às bikers, deixando o desenho do trajeto para uma etapa posterior. No processo da Señoritas, isso ocorre após a ordenação por CEP e a atribuição de endereços às bikers de acordo com as regiões que atendem. Na representação da codificação do algoritmo, são representados apenas bikers e os endereços sob sua responsabilidade; a construção dos itinerários ocorre apenas na fase de decodificação.

Essas escolhas técnicas pela abordagem de algoritmos genéticos e pelo formato específico de codificação não foram motivadas por essas semelhanças, que foram notadas posteriormente à sua implementação. Entretanto, perceber essas semelhanças é importante para explicar de volta à Señoritas como o código funciona. Tendo esses pa-

rales com algo que já fazem, pode tornar esse compartilhamento mais fácil e intuitivo, facilitando a compreensão da nova tecnologia pela cooperativa.

A construção da versão inicial tinha a intenção de fornecer ao menos uma base que a cooperativa pudesse aprimorar para alcançar resultados satisfatórios. No entanto, essa versão não conseguiu cumprir esse objetivo. Introduzir o módulo nos processos da Señoritas, nesse estágio, poderia aumentar o tempo de trabalho na elaboração de rotas. Por isso, foi decidido que a inserção do módulo no processo de trabalho da cooperativa só ocorreria quando os resultados da solução algorítmica fossem mais adequados ao contexto e necessidades da Señoritas.

Embora a inserção do módulo nos processos da Señoritas não tenha sido bem-sucedida, esta fase representou um marco importante no projeto. Foi o primeiro código produzido em uma versão capaz de ser testada e utilizada, trazendo materialidade ao projeto após longos períodos de planejamento e concepção. Esse progresso proporcionou uma base tangível a partir da qual pudemos avançar.

O código foi desenvolvido de forma modular, com cada etapa do algoritmo genético implementada separadamente. Essa abordagem permitiu a evolução do código sem a necessidade de uma reconstrução total, facilitando ajustes e melhorias contínuas. O processo nesta etapa possibilitou construir uma base sólida, visto que o código desenvolvido tratava os dados, executava o algoritmo genético e com certa facilidade poderia ser modificado para utilizar outros operadores para cada etapa. Dessa forma, pude avançar para a última etapa, onde o foco foi a otimização das respostas do algoritmo, tornando-as mais adequadas às necessidades da Señoritas.

7.1.3 Análise do aprofundamento e desenvolvimento

O último período da intervenção foi dedicado ao aprimoramento do módulo gerador de rotas. Com o intuito de empoderar a Señoritas, o desenvolvimento do algoritmo buscou envolver a participação da cooperativa também nesse processo de melhoria, combinando avaliações quantitativas e qualitativas.

Usando casos de testes reais de entregas e rotas realizadas pela Señoritas, experimentações foram realizadas em um processo iterativo de melhoria. A abordagem mesclou testes que avaliaram métricas de desempenho, avaliações feitas por Aline, que comparava os resultados com o histórico da cooperativa e apontava melhorias, e a implementação de novas funcionalidades em busca da otimização das respostas geradas. Utilizar dados reais foi essencial para que as comparações pudessem ser realizadas e a avaliação tivesse consistência (ao se aproximar dos casos reais de serviços prestados pela Señoritas).

Essa abordagem se mostrou eficaz. Ao contrário da etapa anterior, que não

envolveu diretamente a Señoritas durante o seu desenvolvimento, a evolução foi guiada por sugestões diretas da cooperativa, que eu traduzi em parâmetros e operadores do algoritmo. As mudanças implementadas tinham objetivos claros, definidos pelo própria cooperativa. Foi a partir dessa troca que novos operadores para a etapa de avaliação foram desenvolvidos, testados, calibrados e, finalmente, escolhidos para compor a solução final.

Além da participação da Señoritas, os experimentos quantitativos contribuíram para a qualidade das respostas. Eles permitiram analisar os operadores de avaliação com base em métricas relevantes para o problema, além de examinar o comportamento do algoritmo ao observar a variação da diversidade da população ao longo das gerações, causada pela frequência de aplicação do operador de mutação. Esses experimentos foram fundamentais para a seleção dos operadores na versão final do algoritmo genético.

Um objetivo secundário para essa última etapa era a transmissão do conhecimento construído com as pessoas da Señoritas. Desde o início do projeto, havia a intenção de que, ao final, o conhecimento sobre a elaboração das rotas permanecesse sob o domínio das pessoas da cooperativa. No entanto, havia também o receio de que a tecnologia ofuscasse esses conhecimentos, uma vez que as pessoas da cooperativa não possuem conhecimento específico sobre programação.

Foi dado um cuidado especial às documentações do código, explicando cada parte, método, estrutura principal e dados utilizados, com o intuito de registrar o funcionamento do módulo gerador de rotas. Isso incluiu tanto o algoritmo implementado quanto a interface API que se comunica com o módulo central da plataforma.

Paralelamente, participei de momentos de formação conduzidos pelo NT-MTST para as bikers, com o objetivo de explicar a tecnologia, a política e a própria plataforma em desenvolvimento. No entanto, reconheço que a transmissão dos conhecimentos sobre o algoritmo não foi completa. As barreiras de disponibilidade de tempo das bikers, juntamente com a distância delas em relação ao conhecimento especializado de programação, tornaram essa tarefa difícil. No final, entendo que elas ainda não sabem como o algoritmo funciona em sua totalidade e não possuem autonomia quanto à utilização e modificação dos produtos finais.

A intervenção culminou no desenvolvimento de um módulo gerador de rotas, cujo aprimoramento e refinamento contou com a participação ativa da cooperativa Señoritas. A combinação de avaliações quantitativas e qualitativas, aliada ao uso de dados reais, permitiu um processo iterativo de melhoria. A colaboração direta da cooperativa guiou as adaptações do algoritmo, resultando em uma solução que atendeu melhor às necessidades práticas do Senhoritas. Ao final, a Señoritas avaliou a solução algorítmica como plenamente satisfatória, ao gerar resultados com qualidade igual ou superior às rotas

produzidas de forma “manual” por pessoas cooperadas.

Apesar das dificuldades na transmissão completa do conhecimento técnico (devido à complexidade do algoritmo e às limitações de disponibilidade e conhecimento prévio das bikers), os esforços para documentar o código de maneira detalhada e os momentos de formação realizados foram passos importantes. Esses esforços visavam garantir que a cooperativa tivesse, ao menos, uma base para a compreensão e possível autonomia futura no uso e adaptação da tecnologia. Mesmo sem atingir plenamente esse objetivo, a experiência proporcionou avanços significativos na relação entre tecnologia e práticas de trabalho da Señoritas, oferecendo uma base sólida para futuras intervenções e evoluções tecnológicas.

7.1.4 Análise geral da metodologia

Quando propusemos a metodologia em três partes, um dos objetivos que perseguíamos era o de dividir o tempo da nossa intervenção, organizando as tarefas e decisões previstas em uma certa cronologia. Analisar cada parte, como fizemos nas Seções de 7.1.1 a 7.1.3, nos auxilia a compreender melhor como cada proposição foi realizada e os aprendizados que podemos extrair dessa metodologia para futuras experiências. No entanto, nem todas as percepções e análises podem ser limitadas a esse recorte temporal. Assim, é necessário dedicar uma seção para avaliar os aprendizados transversais a essas etapas, passíveis de serem feitos a partir de uma leitura geral da intervenção.

7.1.4.1 Relações interpessoais e a construção de vínculos

Um aspecto essencial a ser analisado é a relação desenvolvida entre mim e as pessoas que compõem o projeto. As relações e a confiança entre os membros são tópicos cruciais para o sucesso do projeto. A Seção 5.1 relata essa história, mostrando como, no início, quando as relações ainda não haviam adquirido confiança, alguns andamentos eram mais lentos. À medida que uma maior proximidade ia sendo construída, os conhecimentos passaram a fluir mais nas reuniões, facilitando a compreensão de como a Señoritas funciona e permitindo um diálogo eficaz entre os saberes da Señoritas e os problemas estudados na academia.

Embora não haja a intenção, neste trabalho, de sistematizar estratégias e tópicos de criação de vínculo, é importante destacar alguns pontos que podem ser úteis àqueles que buscam inspiração, em suas intervenções, para essa questão. Os encontros presenciais foram importantes catalisadores das relações, seja nos momentos de discussão sobre o projeto que esses ambientes promoveram, seja nos momentos de descontração, comemoração e lazer compartilhado. Outro aspecto interessante está relacionado às reuniões

de concepção da plataforma, que contaram com a participação de uma pessoa voluntária muito próxima da Aline. Isso parece mostrar que a presença de pessoas conhecidas pelo – e da confiança do – coletivo pode tornar o ambiente mais familiar e seguro para este, fazendo com que os seus participantes se sintam mais confortáveis.

A criação de vínculo também passa por estabelecer e nutrir uma cultura do cuidado entre as pessoas do projeto. É essencial lembrar que, por mais que o projeto seja composto por instituições (no nosso caso, a Señoritas, a Unicamp e o NT-MTST), ele é primordialmente feito por pessoas que vivem experiências para além dessa construção coletiva. As histórias individuais que compõem esse movimento coletivo são importantes e dão forma ao trabalho conjunto. Problemas de ordem individual afetam a cooperativa e podem ser amparados justamente pelo grupo, ao serem compartilhados e acolhidos. É importante cuidar uns dos outros.

É importante também destacar que cuidar das relações faz parte do projeto; é um trabalho que compõe as suas atividades, ainda que nem sempre haja tarefas explícitas relacionadas a isso. Além disso, relações saudáveis pressupõem compreensão dos tempos e disponibilidades diferentes entre as pessoas envolvidas. No nosso caso, por exemplo, no início, havia a intenção de que todas as integrantes da Señoritas participassem ativamente na construção do projeto, que, como explicamos anteriormente, acabou não se materializando. Isso gerou uma frustração da minha parte. Ao mesmo tempo, por outro lado, reconheço que isso foi o possível de ser feito e que, ademais, o impacto dessa menor participação não pareceu significativo para o nosso projeto (porque, como aventado anteriormente, a figura mais essencial para ele, a Aline, teve uma participação ativa o tempo todo).

7.1.4.2 Diálogo de saberes

Retomando o discutido na Seção 6.3, a influência da troca de saberes para a conformação da solução algorítmica final foi significativa. Ela esteve presente desde a concepção do problema de otimização, passando pela disponibilização de casos de testes reais até os comentários de refinamento que aprimoraram a solução, tornando-a satisfatória para a Señoritas. O diálogo de saberes foi essencial para a construção do módulo de rotas e só pôde ser executado pela participação ativa de Aline, representando as demais bikers, e pelos conhecimentos adquiridos e organizados pela cooperativa ao longo de seus anos de atuação. Trata-se de conhecimentos de ordem prática que envolvem o modelo de precificação do trabalho, a divisão de entregas por áreas da cidade e a compreensão da individualidade de cada *biker* que vem da cultura do cuidado desenvolvida e mantida na cooperativa.

Compreender o processo de elaboração de rotas de entrega da Señoritas Courier

revelou aspectos que não são tradicionalmente considerados nas formulações acadêmicas de problemas matemáticos dessa natureza. A cultura do cuidado – que inclui a consideração das necessidades individuais de cada biker, seus corpos, preferências, estados emocionais e psicológicos, além de imprevistos e outras variáveis – representa um grande desafio para ser traduzida em formulações matemáticas e códigos. Além disso, o processo de elaboração de rotas pela cooperativa é dinâmico, não seguindo uma fórmula fixa. Essa flexibilidade permite que o processo evolua ao longo do tempo, adaptando-se às novas necessidades e acordos que a Señoritas estabelece internamente.

Dessa forma, automatizar esse processo por completo significaria enrijecer uma dinâmica essencial da cooperativa: o diálogo da divisão do trabalho. As mudanças ao longo do tempo surgiram pela coleta de dados sobre as entregas, juntamente com um processo de reflexão, proposição e experimentação de novas formas de dividir as entregas na Señoritas. A introdução de um algoritmo, cujo funcionamento a cooperativa ainda não compreende totalmente, poderia prejudicar esse processo contínuo de reflexão e ajuste/adaptação/melhoria.

Um caminho encontrado para equilibrar os benefícios da geração automática de rotas pelo algoritmo com esse processo de reflexão e ajuste da cooperativa foi o de tornar a geração de rotas como uma atividade parcialmente automatizada. Isso significa que a resposta gerada pelo algoritmo não deve ser acatada diretamente pela cooperativa, mas vista como uma sugestão inicial, ou uma base, a partir da qual ajustes finos devem ser feitos pela pessoa responsável pela elaboração das rotas.

A continuidade deste projeto deve levar em consideração a importância do diálogo dentro da cooperativa. É fundamental que a Señoritas mantenha sua autonomia sobre os saberes empregados no desenvolvimento dessa solução algorítmica. Somente assim será possível preservar a natureza dinâmica do processo de elaboração de rotas, mesmo com o uso da automação.

7.1.4.3 Acordos

Outro aprendizado transversal às três etapas do projeto está relacionado à questão da propriedade dos produtos gerados nele. Nas primeiras reuniões, compreendemos, enquanto equipe de projeto, que as produções têm caráter coletivo, resultantes do encontro de saberes, no qual ambas as partes (i.e., tanto a Señoritas quanto eu) contribuíram significativamente. Isso implica que, embora haja coautoria dessas obras, decisões sobre seu uso e distribuição que não foram previamente acordadas devem ser definidas em conjunto.

Os usos previstos para as produções incluíam a aplicação na plataforma Seño-

ritas Courier e a possibilidade de compartilhamento com outras iniciativas que partilhem dos mesmos valores da cooperativa, além da apresentação nesta dissertação de mestrado. No entanto, o formato de exposição do código não havia sido inicialmente acordado. Questões como a disponibilização integral do código como *software* livre ou aberto, a publicação de pseudo-códigos, ou uma exposição mais discreta ainda estavam em aberto.

Para avançar nessa reflexão, além das conversas entre mim e Aline, organizamos um fórum com especialistas. Esse espaço contou com a participação de duas pessoas indicadas pela Aline e da confiança dela – Rafael Gorhmann (Universidade de Toronto) e Lara (designer) – e de três pessoas indicadas por mim – meus orientadores (Romis Ribeiro e Cristiano Cruz) e Celso Alvear (Soltec/Nides/UFRJ). Embora esse encontro não tenha sido um momento de decisão definitiva, ele trouxe novas perspectivas e argumentos valiosos para decidir sobre o melhor formato de exposição dos artefatos gerados. Essa abordagem colaborativa garantiu que a decisão final fosse informada e refletisse os interesses e valores de todos os envolvidos.

Durante as discussões, foram apresentados prós e contras sobre a decisão de manter o código fechado ou aberto. De um lado, as pessoas da cooperativa expressaram receio em abrir o código por temer que empresas com maior poder econômico pudessem se apropriar das soluções desenvolvidas, enfraquecendo o coletivo ao utilizarem esse conhecimento para lucrar e, potencialmente, explorarem outras pessoas trabalhadoras. Além disso, havia a incerteza de que outros grupos com valores semelhantes aos da Señoritas Courier conseguiriam, de fato, aproveitar a ferramenta sem o devido conhecimento técnico. Por outro lado, os argumentos a favor do compartilhamento enfatizavam a importância de alinhar o projeto com a filosofia acadêmica de disseminação aberta do conhecimento, especialmente considerando o caráter público da Universidade envolvida. O compartilhamento do código também poderia beneficiar outros coletivos e grupos com necessidades semelhantes, além de servir como um exemplo pedagógico para futuras pesquisas com valores solidários. Mesmo que grandes empresas tenham condições de replicar o código, foi sugerido que a configuração específica dos parâmetros, um aspecto crucial, poderia ser mantida em segredo, preservando a singularidade e o modelo de atuação da cooperativa.

Até o momento de escrita deste texto, as discussões sobre o compartilhamento de código continuam a ocorrer dentro do projeto da plataforma. Esse processo demanda tempo, pois requer pesquisa e compreensão mútua das partes envolvidas. Em relação a esta dissertação, a versão enviada para a banca também foi encaminhada para Aline, da cooperativa. E foi acordado, coletivamente, que nesse momento, não seria de interesse compartilhar o código do algoritmo gerado. A dissertação passou por revisão de Aline para averiguar se haviam informações sigilosas ou que pudessem acarretar qualquer forma de incômodo à cooperativa e às pessoas que a integram. Desta forma, essa versão publicada

tem o acordo da cooperativa Señoritas Courier.

7.1.4.4 Compromissos acadêmicos e disputa pela universidade

É importante refletir também sobre um aspecto que não foi originalmente incorporado na proposição metodológica, mas que teve grande influência no projeto: a interação entre o desenvolvimento do projeto e o processo do mestrado. O caráter prático da intervenção confluiu com o acadêmico (das produções e reflexões do mestrado), resultando em uma troca interessante. As escritas e compromissos acadêmicos, que inicialmente foram encarados como um desafio ao projeto, revelaram-se como espaços importantes para a reflexão sobre os acontecimentos, gerando ideias que acabaram por ser implementadas, alterando a prática do projeto. Ou seja, os compromissos do mestrado se ofereceram como momentos fecundos e fundamentais para a *praxis*, que é algo essencial em projetos como este, desenvolvido junto a grupos vulnerabilizados e com pretensões empoderadoras/emancipadoras.

Pelo que se vê e se ouve em espaços de encontro e partilhas da engenharia popular, como os Encontros de Engenharia e Desenvolvimento Social (EREDS e ENEDS), essa sinergia entre os compromissos da academia e o projeto de intervenção nem sempre ocorre. Parece contribuir significativamente para esses desencontros um ambiente muito tecnocrático e bastante alheio às diferenças implicações e disputas (políticas, ideológicas, re visão de mundo etc.) presentes na produção tecnológica e na prática da engenharia, que parece caracterizar a média do ambiente acadêmico dos cursos de engenharia no país (BAZZO, 2006).

Nesse sentido, apesar desse cenário dominante adverso a práticas e pesquisas como esta minha, de engenharia popular, consegui encontrar apoio e acolhimento por parte dos meus orientadores, pelos membros da banca de qualificação e demais profissionais parceiros. E esse apoio foi essencial para o desenvolvimento deste trabalho e para as reflexões que ele suscitou. Ele evidencia, assim, duas coisas. Primeiro, que é possível desenvolver pesquisa vinculada à extensão, em uma perspectiva emancipadora e solidária, na engenharia. Segundo, que é necessário e urgente ocupar os ambientes acadêmicos das engenharias com essas pautas, com esses problemas/projetos de pesquisa. É apenas essa ocupação – ou esse alargamento da academia –, de modo a abrigar e desenvolver também a engenharia popular, a tecnociência solidária e as bases sociotécnicas do cooperativismo, que nos permitirá avançar na construção de outros mundos possíveis.

7.2 Impactos da intervenção na Señoritas Courier

Ao final da intervenção, foi possível observar mudanças significativas na cooperativa, em alguma medida decorrentes desse processo. A divisão em dimensões de empoderamento propostas por Kleba e Cruz (2022) nos ajuda a analisar esses impactos por diferentes perspectivas. Essas dimensões, embora inter-relacionadas, permitem sistematizar os resultados de forma mais organizada. Assim, esta seção será subdividida de acordo com cada uma dessas oito dimensões, proporcionando uma visão abrangente dos impactos observados.

Há de se reconhecer, de todo modo, a impossibilidade de se isolarem e avaliarem os impactos da intervenção proposta por este trabalho de mestrado, daqueles decorrentes das ações do NT-MTST e demais pessoas voluntárias que participaram do projeto mais amplo da plataforma, no qual este mestrado se inseriu. Assim, as seções a seguir exploram as dimensões de empoderamento específicas deste projeto de mestrado, compreendendo que, não obstante, elas também foram (ou podem ter sido) diretamente influenciadas pelas outras intervenções que compunham o projeto da plataforma Señoritas Courier.

7.2.1 Promoção da inclusão sociotécnica

Ainda que as integrantes da Señoritas Courier já tivessem acesso a computadores, celulares e ferramentas de mapas, a intervenção proporcionou à cooperativa acesso a uma nova ferramenta de elaboração de rotas integrada a uma plataforma, à qual não teriam acesso sem esse projeto. Esse novo ferramental disponibilizado à cooperativa permite uma economia substancial em horas de trabalho na roteirização das entregas, já que o processo “manual” leva cerca de um dia de trabalho, enquanto a solução automatizada fornece uma proposta em questão de segundos.

7.2.2 Valorização da diferença cultural

Desde o início do projeto, houve um esforço para construir consensos em torno de questões como a propriedade das soluções co-desenvolvidas pela Señoritas e por mim, bem como a apresentação dos produtos e resultados deste trabalho. No caso de divergências, adotou-se o princípio de que a cooperativa teria a decisão final. Isso ocorreu, por exemplo, em relação à divulgação dos códigos nesta dissertação. As discussões sobre o compartilhamento do código ainda estão em andamento dentro do projeto e exigem tempo, pois envolvem pesquisa e entendimento mútuo das partes. No contexto desta dissertação, a versão submetida à banca foi também enviada para Aline, representante da cooperativa. Se houver qualquer solicitação de alteração para garantir a proteção da cooperativa, essas mudanças serão feitas na versão final para publicação. Este cuidado garante que todas

as informações apresentadas respeitem e protejam os interesses da cooperativa Señoritas Courier.

Além de nos parecer ser a postura mais adequada em atuações de engenharia popular, dar a última palavra à cooperativa em situações de impasse conosco parece ter reforçado, em alguma medida, a segurança ou autoconfiança de pessoas como a Aline, que se sentiu diminuída ou desmerecida (por ser mulher, negra, de classe média baixa, entregadora etc.) em seus posicionamentos em diferentes embates mencionados anteriormente (como na mesa de discussão da regulamentação do trabalho para aplicativos de entrega no Ministério do Trabalho e Emprego).

Ao lado disso, a intervenção se fundou em um intenso e honesto diálogo de saberes, aprendendo com os conhecimentos, os valores e ideais da cooperativa, e buscando traduzi-los no algoritmo que se co-construiu. Por um lado, o algoritmo, a sua incorporação em uma atividade semi-automatizada de construção de rotas e o processo de resgate/tomada de consciência desses conhecimentos, valores e ideais possibilitaram que a cooperativa co-construísse e passasse a ter acesso a uma ferramenta tecnológica que reforçava um funcionamento/operação da cooperativa em sintonia com aquilo que a cooperativa acredita, sabe e busca. Por outro lado, todo o processo desta intervenção foi oportunidade para a cooperativa revisitar seus saberes, valores e ideais, dar-se conta (outra vez) da potência de tudo isso e ver-se capaz de participar na co-construção de uma tecnologia como ator fundamental – e indispensável, insubstituível (por conta de seus conhecimentos, valores e ideais) – dela.

7.2.3 Nutrição de relações de qualidade

Durante o projeto, houve uma preocupação constante com a construção e manutenção das relações, sendo este um dos principais objetivos da primeira etapa da metodologia proposta. Isso envolveu o fortalecimento do respeito pelos acordos e decisões coletivas, com a compreensão de que apenas por meio do diálogo de saberes o projeto poderia ser conduzido da melhor forma.

Desde o início, buscou-se construir uma relação horizontal, entendendo que, mesmo nessa configuração, as pessoas desempenham papéis diferentes. Reconheceu-se que, apesar da horizontalidade, existem lados mais vulnerabilizados, com necessidades e disponibilidades distintas. Houve um esforço contínuo para envolver o maior número possível de pessoas da Señoritas interessadas, fazendo ajustes conforme as disponibilidades das participantes. A Seção 5.1.1, foi dedicada a contar sobre como a minha relação com as pessoas da cooperativa foi desenvolvida ao longo do projeto.

Durante a intervenção, percebi que o processo de elaboração de rotas não é se-

parado das relações entre as pessoas da cooperativa. Quando a pessoa responsável cria os roteiros, há uma troca significativa com as demais sobre saúde mental, momentos de vida e preferências pessoais. Reconhecer que esse é um ponto fundamental da Señoritas Courier me fez entender que, neste momento, em que as cooperadas ainda não possuem conhecimentos específicos de programação, uma automação completa desse processo poderia prejudicar essa dinâmica saudável. Assim, a automação parcial do processo algorítmico visa preservar a qualidade das relações internas na cooperativa.

Além disso, representar uma das três partes que compõem o projeto – Señoritas Courier, NT-MTST e Unicamp – frequentemente me colocou na posição de mediador de conflitos entre as outras partes. Nesse papel, pude auxiliar para que as reuniões se tornassem menos conflituosas, com desentendimentos sendo resolvidos de forma aberta, direta e cuidadosa, evitando que evoluíssem para desavenças.

Essas preocupações refletem a cultura do cuidado, que permeou todo o projeto, tanto nos aspectos diretamente relacionados às atividades de concepção, elaboração e desenvolvimento da plataforma, quanto em questões não relacionadas diretamente ao projeto, mas que, quando cuidadas, beneficiaram as pessoas envolvidas.

7.2.4 Partilha de competências técnicas

Uma das preocupações iniciais trazidas pelos integrantes da Señoritas era a vontade de aprender como funcionariam as novas tecnologias. Em resposta a essa demanda, o NT-MTST dedicou uma frente do projeto exclusivamente à formação tecnopolítica das bikers. Essa formação abordou tanto técnicas específicas quanto as disputas políticas envolvidas no desenvolvimento tecnológico.

Embora um período de tempo tão curto como o do projeto dificulte que as pessoas aprendam em profundidade e se tornem desenvolvedoras, a formação logrou proporcionar uma primeira camada de novos conhecimentos nessa área.

Em relação às produções algorítmicas, participei de momentos específicos nessas atividades de formação tecnopolíticas voltados a explicar o algoritmo desenvolvido. Embora não tenha sido possível aprofundar muito, esses encontros proporcionaram um primeiro contato com as principais ideias do algoritmo.

Além disso, houve uma preocupação com a apropriação, aperfeiçoamento e uso futuro das tecnologias introduzidas. Para isso, dedicou-se um cuidado especial à documentação do código. Além de comentários, no próprio código, foram elaborados diagramas e arquivos adicionais de explicação, garantindo que, quando as integrantes da Señoritas adquirirem mais conhecimentos na área, possam compreender e utilizar plenamente as ferramentas desenvolvidas.

7.2.5 Prática de competências de pesquisa

Desde a primeira etapa do projeto, adotamos uma estratégia que propunha a elaboração de documentos sobre tópicos de interesse ao projeto. Para criar esses documentos, realizamos reuniões e conversas para obter as informações necessárias. Depois, organizamos essas informações nas documentações e enviamos à cooperativa para validação. Tal processo, do lado das pessoas da cooperativa, envolveu verbalizar ideias sobre seu modo de trabalhar e se organizar e, posteriormente, receber essas ideias por escrito ou em diagrama para revisão.

Esse processo não apenas registra as práticas da cooperativa, mas também oferece uma oportunidade de reflexão sobre a própria atuação. Muitas vezes, por fazerem parte do cotidiano, certos tópicos não são mais refletidos. O registro escrito promove uma análise mais profunda e sistemática dessas práticas.

Outro momento significativo de pesquisa e reflexão ocorreu durante as reuniões de concepção da plataforma. Embora houvesse a vontade de desenvolver uma plataforma desde o início, não havia uma definição clara do que ela seria. As reuniões de concepção buscaram analisar os processos da cooperativa, comparar com outras experiências e grupos, e, por fim, chegar coletivamente a uma proposta de plataforma. Esse processo envolveu pesquisa, troca de ideias e reflexão, contribuindo para uma solução que refletisse verdadeiramente as necessidades e práticas da Señoritas Courier.

Ao longo da intervenção, as pessoas da cooperativa tiveram a oportunidade de explorar uma nova dimensão da realidade digital. Ao participarem de discussões e tomadas de decisão sobre a plataforma, aprenderam sobre infraestrutura, servidores, hospedagem e código. Além disso, envolveram-se em debates relacionados à propriedade e organização de dados, discutindo a Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD). Com isso, as integrantes da Señoritas se apropriaram mais dessas áreas, o que lhes permite aumentar sua autonomia em relação a tópicos como orçamentos, legislação e possíveis acordos com novos parceiros, já que agora possuem uma melhor compreensão de como pesquisar e se posicionar nesses assuntos.

7.2.6 Promoção da emancipação social e econômica

Em decorrência do projeto, a Señoritas Courier formalizou-se como associação e posteriormente como cooperativa. Isso possibilitou a distribuição de bolsas de estudo para a formação tecnopolítica das pessoas cooperadas em parceria com a Fundación Munkide, junto ao governo do País Basco. Esse processo de formalização também possibilitou o estabelecimento de relações comerciais com parceiros maiores uma vez que como cooperativa pode-se melhor adequar às questões fiscais.

7.2.7 Cultivo de emancipação política

Sobre a emancipação política, ao longo do projeto, a cooperativa pode alargar sua consciência crítica ao problematizar o *status quo* e sonhar com outros mundos possíveis. A formação tecnopolítica organizada e facilitada pelo NT-MTST e o cunho crítico que tivemos durante as reuniões do projeto foram pontos importantes que contribuíram nesse aspecto.

Além disso, a projeção midiática da Señoritas Courier, que já tinha visibilidade significativa, aumentou no decorrer do projeto. Isso trouxe convites à cooperativa para compor espaços de representação e participar de eventos como: o grupo de trabalho sobre plataforma do Ministério do Trabalho e Emprego; o XVIII Encontro Nacional de Engenharia para o Desenvolvimento Social (ENEDS); e a Criptorave 2024. Essa exposição aumenta o capital político de realização para essa organização, uma vez que participar desses espaços aumenta o contato com possíveis parcerias para expansão de projetos da cooperativa, incluído a própria plataforma.

A Señoritas sempre foi um grupo crítico, atuando em temas como cicloativismo, gênero e cooperativismo. Com o projeto, a cooperativa também começou a se posicionar em questões relacionadas às tecnologias. Além desses novos espaços de atuação política, a cooperativa firmou importantes parcerias, como com a Unicamp (por intermédio de mim e de meu orientador Romis) e com a ITCP da Escola Politécnica da USP. Essas parcerias fortalecem a cooperativa e o projeto como um todo, ampliando suas capacidades de influência, atuação política e realização de transformações empoderadoras.

7.2.8 Aumento da consciência ambiental

Já quanto ao aumento de consciência ambiental, o projeto não trouxe impactos significativos à Señoritas Courier. A cooperativa já traz ponderações quanto à redução dos impactos que a utilização de bicicletas no dia a dia (para entregas ou não) produz, quando comparada com o uso de veículos automotivos. Durante o projeto, houve o levantamento de possibilidades relacionadas a créditos de carbono, e ideias iniciais apontaram que as rotas geradas pela solução algorítmica poderiam contabilizar a quantidade de emissão de carbono que a Señoritas estaria economizando. Entretanto, essas ideias ainda estão longe de serem implementadas.

Considerações finais

Quando uma roda completa um ciclo, um novo pode começar. Mas giro dado foi-se, deixando marcas no chão e um caminho traçado para trás. A jornada que chega ao fim também merece sua despedida, mesmo que seja para seguir pedalandando adiante.

O caminho de desenvolvimento da plataforma Señoritas Courier foi marcado por diversas fases de aprendizado e superação, construção e nutrição de relações, e pela aventura de planejar e viver uma possível realização. Nesse projeto, o diálogo entre múltiplas perspectivas e o desejo por mudança no mundo do trabalho organizaram pessoas muito diferentes em torno de um objetivo comum. Durante esse período, a Señoritas Courier passou por transformações significativas, para além da construção da plataforma de trabalho. O grupo avançou juridicamente, tornou-se primeiro uma associação e, posteriormente, também uma cooperativa. Além disso, estabeleceu contato com novos parceiros e representou mulheres cis e pessoas trans que atuam como ciclo entregadoras em espaços de tomada de decisão na administração pública federal.

Ao longo do projeto, a Señoritas Courier e eu fomos compreendendo que, embora o propósito computacional do módulo de rotas e da plataforma como um todo seja definir caminhos e economizar tempo de trabalho, a tecnologia deve ser entendida como um auxílio e nunca a responsável por ditar os rumos da cooperativa. O modo de organização da Señoritas Courier, fundamentado em uma cultura do cuidado e da emancipação das pessoas trabalhadoras, requer participação ativa das pessoas cooperadas na reflexão e tomada de decisão sobre o processo. Atualmente, automatizar por completo, sem que as pessoas cooperadas tenham os conhecimentos específicos de programação e algoritmos genéticos, implica em um certo afastamento do coletivo sobre esse exercício de reflexão. Dessa forma, até que a Señoritas Courier tenha autonomia sobre o código e algoritmo, esse trabalho não deve ser totalmente automatizado.

A plataforma lançada em maio de 2024 não é apenas um marco tecnológico. Ela também indica uma possível trilha, seja para um cooperativismo de plataforma com valores solidários, seja para o desenvolvimento tecnocientífico de que esses espaços necessitam. Esta dissertação documenta uma perspectiva dessa trajetória, focada na investigação sobre como desenvolver um *software* que materialize os valores da economia solidária e que respeite os saberes locais.

É possível observar contribuições do trabalho que foi desenvolvido nas áreas de extensão universitária (do tipo de engenharia popular), técnica e de divulgação científica:

- A relação extensionista deste trabalho obteve sucesso ao conduzir um processo sociotécnico que impactou o grupo em pelo menos sete das oito dimensões de empoderamento propostas por Kleba e Cruz (2022). Para tanto, foi fundamental o estabelecimento de relações profundas e de confiança com as pessoas que integram a *Señoritas Courier*. Entendemos que o êxito alcançado advém do fato de que a intervenção conseguiu: produzir um módulo gerador de rotas que contém em sua composição e funcionamento aspectos solidários e essenciais da *Señoritas Courier*; catalisar ou apoiar transformações sociais, políticas e organizacionais do grupo que o permitiram dar parte dos passos que ele estava buscando dar.
- Com relação às contribuições de ordem técnica, a metodologia proposta mostrou-se eficaz em fazer dialogar os acúmulos acadêmicos e os conhecimentos, experiências, crenças e valores de um coletivo de mulheres cis e pessoas trans ciclo entregadoras. Mesmo em um contexto desafiador quanto à disponibilidade de participação, estratégias foram traçadas para que a produção final fosse, de fato, coletiva. Assim, a proposição metodológica, os relatos, os resultados e as análises dessa prática passam a fazer parte do acervo de possíveis caminhos para práticas de desenvolvimento tecnológico solidário.
- A divulgação desses acúmulos, que se iniciou com um relato de experiência no IX Encontro Regional de Engenharia para o Desenvolvimento Social Sudeste (EREDS-SE), não se encerra com esta dissertação. Além de um artigo sobre resultados parciais apresentado no XVIII Encontro Nacional para o Desenvolvimento Social (ENEDS) e da participação como palestrante na *Cryptorave 2024*, um segundo artigo foi produzido e está em vias de ser enviado à edição de 2024 do ENEDS. Há também a intenção de escrever um artigo focado no desenvolvimento do algoritmo, que será submetido a algum periódico tradicional de engenharia da computação. Dessa forma, pretende-se ocupar mais espaços acadêmicos, destacando as possibilidades que a engenharia popular e a tecnociência solidária podem trazer.

Tudo isso mostra que é possível realizar um projeto de pesquisa e extensão com perspectiva solidária, mesmo dentro de um ambiente usualmente refratário a essas propostas, como o da Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação da Unicamp. Para tanto, porém, foi fundamental o encontro com pessoas abertas e dispostas a trilhar esse caminho comigo: meus orientadores; as pessoas da *Señoritas Courier*; o Núcleo de Tecnologia do MTST; as demais pessoas voluntárias que colaboraram com a construção da plataforma da *Señoritas*; pessoas pesquisadoras parceiras; os membros da minha banca de qualificação; e os amigos que se fizeram presente nesse processo.

Tenho um forte interesse em aplicar os conhecimentos adquiridos neste mestrado, investigando novas experiências solidárias em setores diferentes do das ciclo entregas. Essas novas iniciativas podem se beneficiar dos conhecimentos produzidos com o projeto da Señoritas Courier, além de permitir ampliar a minha compreensão sobre o desenvolvimento de *software* com valores solidários. No entanto, as pessoas que integram a Señoritas Courier ainda não dominam os conhecimentos específicos sobre programação que as tornaria autossuficientes na manutenção e reprogramação/aprimoramento do módulo gerador de rotas. Por essa razão, participar também do processo da cooperativa de obtenção dessa autonomia é um motivador significativo para eu seguir vinculado ao projeto até que isso seja alcançado.

Além disso, há outras áreas que poderiam ser investigadas e aprofundadas em uma possível nova intervenção, ou em continuidade a esta apresentada, quanto ao desenvolvimento do módulo gerador de rotas. Entre as possibilidades de futuros trabalhos, destaco a expansão do algoritmo para incluir os outros serviços prestados pela Señoritas, mas que não foram contemplados na primeira versão. Dado que a questão da autonomia da cooperativa (com respeito à manutenção e aprimoramento das soluções produzidas) se mostrou crucial, é interessante considerar, nessa nova frente, um processo de desenvolvimento que também incluía um componente educativo e de troca de saberes.

Uma abordagem possível seria aprimorar o método da intervenção, ou propor um novo, de modo a aproveitar as semelhanças entre a solução algorítmica e o processo de roteirização da Señoritas em uma abordagem também educativa. Esse método poderia envolver atividades de reflexão e apropriação do módulo de rotas pelas Señoritas, bem como a proposição e implementação de melhorias. Isso não apenas aumentaria a autonomia das integrantes, mas também promoveria um aprendizado contínuo e a própria melhoria da tecnologia atual.

Há ainda outras reflexões que merecem ser aprofundadas na continuação do projeto. No capítulo 4, apresentamos um breve histórico da Pesquisa Operacional (PO) e as correntes de pensamento que a fundamentaram. No entanto, pode ser interessante um trabalho mais exaustivo para fundamentar a PO como um processo da tecnociência capitalista. A partir dessa fundamentação poderei discutir os caminhos de subversão ou contraposição a esse modelo no sentido de desenvolver ou adaptar um processo de pesquisa e otimização da tecnociência solidária. Outros tópicos que podem ser analisados de forma semelhante são as metodologias ágeis e os algoritmos genéticos. Sendo tecnologias originadas e servindo a propósitos capitalistas, qual é o impacto delas em um contexto solidário? Para contrapô-la, seria mais interessante adequar-se/apropriar-se ou desbravar novos processos? Essas questões podem ser respondidas com uma combinação de análise teórica e histórica, por um lado, e, por outro, pesquisa prática sobre seus impactos em

ambientes solidários, incluindo o deste projeto.

Seja como for, a busca por um fazer solidário exige mais do que apenas uma análise crítica aos modelos predominantes. Ela requer também uma busca por cosmologias diferentes. Como seriam algoritmos genéticos desenvolvidos por aqueles que não veem a natureza como algo a ser conquistado? Como outros povos, não eurocentrados, abordariam as questões de rotas e caminhos? Essas perguntas podem ser melhor investigadas, acompanhando-se trabalhos com povos originários ou entrando-se em contato com pessoas pesquisadoras de outros países do Sul global que partilhem de uma perspectiva decolonial e solidária.

Assim como o processo de qualificação do mestrado trouxe reflexões valiosas, os comentários da banca na apresentação final também ofereceram contribuições significativas para o desenvolvimento e aprimoramento deste trabalho. Composta por meu orientador Romis Ribeiro e pelos professores Celso Alvear e Washington Oliveira, a banca fez contribuições valiosas, que não apenas agregam à conclusão deste projeto, mas também apontam caminhos promissores para trabalhos futuros. Entre as principais sugestões, destaco a ideia de incluir no algoritmo partes mais customizáveis, permitindo que as pessoas da cooperativa possam ajustar parâmetros sem a necessidade de programação direta. Essa proposta está fortemente alinhada com os princípios do Design Participativo, uma abordagem que visa incluir as pessoas usuárias no processo de desenvolvimento de tecnologias, e que pode ser fundamental para futuros aperfeiçoamentos do projeto.

Além disso, foi ressaltada a importância de aprofundar a distinção entre Tecnologia Solidária e Tecnologia Social, trazendo uma justificativa clara sobre o uso de um conceito em detrimento do outro, o que fortaleceria a robustez conceitual deste estudo. Por fim, a banca também sugeriu a aplicação de uma abordagem multicritério ou multi-objetivo no algoritmo, de forma a incorporar mais fatores relevantes para a cooperativa e para as pessoas que dela fazem parte, contribuindo para uma solução ainda mais adaptada às suas necessidades específicas. Essas reflexões ampliam o horizonte de pesquisa e apontam direções relevantes para o desenvolvimento de projetos futuros.

Este trabalho buscou incorporar relatos e minha posição pessoal no texto, partindo do entendimento de que os processos tecnocientíficos não são, de forma alguma, neutros. Embora tenha buscado trazer um aspecto pessoal e reflexivo ao texto, reconheço que a abordagem utilizada não se apoiou fortemente em metodologias conhecidas. Fiz o melhor possível com os recursos e conhecimentos que tinha à disposição, mas percebo que a prática de relatos pode ser aprimorada. O campo da antropologia, com as técnicas de etnografia e autoetnografia, mostra-se como um caminho interessante para aprimorar essa prática e auxiliar a organização da experiência a ser documentada. Assim, para futuros estudos, tenho interesse em me aprofundar nessas técnicas.

Em síntese, este trabalho reafirma a importância da solidariedade e do cuidado no desenvolvimento tecnocientífico solidário. Ele serve como um convite para futuras pesquisas e intervenções que busquem, por meio da tecnociência solidária, contribuir para a construção de um mundo do trabalho mais equitativo e inclusivo. A jornada da *Señoritas Courier* continua, inspirando novas iniciativas e fortalecendo a crença de que é possível construir soluções tecnológicas que respeitem e valorizem os saberes locais, promovendo a emancipação das pessoas trabalhadoras.

Assim, encerramos a jornada desta dissertação com a convicção de que os caminhos trilhados e os desafios enfrentados são passos importantes na construção de uma prática tecnológica solidária verdadeiramente emancipadora. Espero que este trabalho possa servir de alguma valia para aquelas pessoas que, assim como eu, acreditam na potência da união entre tecnologia e solidariedade.

Referências

- ABÍLIO, L. C. Plataformas digitais e uberização: Globalização de um sul administrado. *Contracampo*, v. 39, n. 1, p. 12–26, 2020. Citado na página 15.
- ALTABEEB, A. M.; MOHSEN, A. M.; GHALLAB, A. An improved hybrid firefly algorithm for capacitated vehicle routing problem. *Applied Soft Computing*, Elsevier, v. 84, p. 105728, 2019. Citado na página 47.
- ALVEAR, C. A.; NEDER, R.; SANTINI, D. Economia solidaria 2.0: Por um cooperativismo de plataforma solidário. *P2P e Inovacao*, v. 9, n. 2, p. 42–61, 2023. Citado na página 16.
- ALVEAR, C. d. S. Tecnologia e participação: sistemas de informação e a construção de propostas coletivas para movimentos sociais e processos de desenvolvimento local. *Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro*, 2014. Citado na página 33.
- ANTUNES, R. *O privilégio da servidão - 2 edição*. Boitempo, 2020. (Mundo do Trabalho). ISBN 9788575597545. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=ANutEAAAQBAJ>>. Citado 2 vezes nas páginas 15 e 20.
- ANTUNES, R. *Uberização, trabalho digital e indústria 4.0*. [S.l.]: Boitempo Editorial, 2020. Citado na página 15.
- APPLEGATE, D. L.; BIXBY, R. E.; CHVÁTAL, V.; COOK, W. J. *The Traveling Salesman Problem: A Computational Study*. [S.l.]: Princeton University Press, 2006. Citado 2 vezes nas páginas 44 e 45.
- ARAÚJO, F.; RUFINO, S.; ALVEAR, C.; CRUZ, C.; KLEBA, J. Rede de engenharia popular osvaldo sevá. *ALVEAR, C.; CRUZ, C.; KLEBA, J. Engenharias e outras práticas técnicas engajadas*, v. 1, p. 41–74, 2021. Citado na página 29.
- ARAÚJO, F. S.; NEPOMUCENO, V.; HENRIQUES, F. C.; SÍGOLO, V. M.; POMPEU, L. P.; ATOLINI, T. M. *Dialética da autogestão em empresas recuperadas por trabalhadores no Brasil*. [S.l.]: Editora Lutas Anticapital, 2019. Citado na página 30.
- ARENALES, M.; ARMENTANO, V. A.; MORABITO, R.; YANASSE, H. H. *Pesquisa operacional*. [S.l.]: Campus/elsevier, 2007. Citado na página 42.
- BAZZO, W. *Introdução à engenharia: conceitos, ferramentas e comportamentos*. Florianópolis: Editora da UFSC, 2006. Citado na página 119.
- BECK, K. *Extreme programming explained: embrace change*. [S.l.]: addison-wesley professional, 2000. Citado na página 32.
- BECK, K.; BEEDLE, M.; BENNEKUM, A. van; COCKBURN, A.; CUNNINGHAM, W.; FOWLER, M.; GRENNING, J.; HIGHSMITH, J.; HUNT, A.; JEFFRIES, R.; KERN, J.; MARICK, B.; MARTIN, R. C.; MELLOR, S.; SCHWABER, K.; SUTHERLAND, J.; THOMAS, D. *Manifesto Ágil*. Acessado em 25 de fevereiro de 2024. Disponível em: <<http://agilemanifesto.org/>>. Citado na página 32.

- BENITES AFONSO, P. R. N. “*Nossa vida vale mais do que levar um prato de comida para as pessoas*”. 2020. Acessado em 25 de janeiro de 2024. Citado na página 21.
- BIGGS, N.; LLOYD, E. K.; WILSON, R. J. *Graph Theory, 1736-1936*. [S.l.]: Oxford University Press, 1986. Citado na página 45.
- BRUNO, G.; GENOVESE, A.; IMPROTA, G. *et al.* Routing problems: A historical perspective. *The Best Writing in Mathematics*, 2012. Citado 3 vezes nas páginas 42, 43 e 46.
- CASTRO, L. N. D. *Fundamentals of natural computing: basic concepts, algorithms, and applications*. [S.l.]: Chapman and Hall/CRC, 2006. Citado 2 vezes nas páginas 48 e 54.
- CHUDASAMA, C.; SHAH, S.; PANCHAL, M. Comparison of parents selection methods of genetic algorithm for tsp. In: *International conference on computer communication and networks CSI-COMNET-2011, Proceedings*. [S.l.: s.n.], 2011. v. 85, p. 87. Citado na página 53.
- COMUNICAÇÃO, S. de. *As cozinhas solidárias do MTST: refeições gratuitas e afeto nas periferias do Brasil*. 2021. Acessado em 30 de janeiro de 2024. Disponível em: <<https://mtst.org/mtst/as-cozinhas-solidarias-do-mtst-refeicoes-gratuitas-e-afeto-nas-periferias-do-brasil/>>. Citado na página 24.
- CORTÉS-RICO, L.; PIEDRAHITA-SOLÓRZANO, G. Participatory design in practice: The case of an embroidered technology. In: SPRINGER. *Human-Computer Interaction-INTERACT 2015: 15th IFIP TC 13 International Conference, Bamberg, Germany, September 14-18, 2015, Proceedings, Part III 15*. [S.l.], 2015. p. 518–525. Citado na página 33.
- COSTANZA-CHOCK, S. *Design justice: Community-led practices to build the worlds we need*. [S.l.]: The MIT Press, 2020. Citado na página 19.
- COURIER, S. *Señoritas Courier: Entregas sustentáveis por mulheres e LGBTQIAP+*. São Paulo: [s.n.], 2022. Panfleto. Citado na página 23.
- CRUZ, C. C. Engenheiro educador: experiências brasileiras de formação do perfil técnico capaz de praticar engenharia popular. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad-CTS*, v. 14, n. 40, 2019. Citado na página 29.
- DAGNINO, R. *Neutralidade da ciência e determinismo tecnológico*. Campinas: Ed. da Unicamp, 2008. Citado na página 28.
- DAGNINO, R. *Tecnociência solidária. Um manual estratégico. Marília: Lutas Anticapital*, 2019. Citado 4 vezes nas páginas 21, 26, 27 e 60.
- DANIEL, S. *Seminário celebra cooperativismo de plataforma como alternativa à precarização*. 2022. Citado na página 23.
- DANTZIG, G. B.; RAMSER, J. H. The truck dispatching problem. *Management science, Inform*s, v. 6, n. 1, p. 80–91, 1959. Citado na página 46.
- DESCOLA, P. *Beyond Nature and Culture*. [S.l.]: University of Chicago Press, 2005. Citado na página 41.

- DIESTEL, R. *Graph Theory*. [S.l.]: Springer, 2017. Citado na página 43.
- DIGITAL, N. L. *Native Land Digital*. 2024. Acessado em 25 de janeiro de 2024. Disponível em: <<https://native-land.ca/>>. Citado na página 19.
- EIBEN, A.; SMITH, J. *Introduction to Evolutionary Computing*. [S.l.]: Springer, 2003. Citado na página 48.
- FAIRWORK. *Fairwork Brazil Ratings 2023*. 2023. Acessado em 25 de janeiro de 2024. Disponível em: <<https://fair.work/wp-content/uploads/sites/17/2023/07/Fairwork-Brazil-Ratings-2023-report-EN-red.pdf>>. Citado na página 15.
- FAIRWORK. *Fairwork / Principles*. 2024. Acessado em 25 de janeiro de 2024. Disponível em: <<https://fair.work/en/fw/principles/>>. Citado na página 15.
- FRAGA, L.; SILVEIRA, R.; VASCONCELLOS, B. O engenheiro educador. In: (ITCP), I. T. de C. P. (Ed.). *Coletiva: reflexões sobre incubação e autogestão*. Campinas, SP: Unicamp, Instituto de Economia, 2011. p. 197–220. Citado na página 29.
- FREY, C. B.; OSBORNE, M. A. The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation? *Technological Forecasting and Social Change*, Oxford, p. 254–280, 2013. Citado na página 20.
- GALBRAITH, J. K. *A History of Economics: The Past as the Present*. [S.l.]: Penguin Books, 1987. Citado na página 41.
- GOLDSMAN, F. *Seöoritas Courier: el futuro de las cooperativas tecnológicas a pedales*. 2023. Citado 2 vezes nas páginas 23 e 83.
- GROHMANN, R. Plataformas de propriedade de trabalhadores: cooperativas e coletivos de entregadores. *Matrizes*, Universidade de São Paulo, v. 16, n. 1, p. 209–233, 2022. Citado 2 vezes nas páginas 16 e 21.
- GROHMANN, R.; AQUINO, M. C.; RODRIGUES, A.; MATOS, É.; GOVARI, C.; AMARAL, A. Click farm platforms: working conditions, materialities and forms of organization. *Galáxia (São Paulo)*, SciELO Brasil, v. 47, 2022. Citado na página 21.
- GRÖTSCHEL, M.; YUAN, Y.-x. Euler, mei-ko kwan, königsberg, and a chinese postman. *Optimization Stories*, v. 43, 2012. Citado 2 vezes nas páginas 43 e 44.
- HAIGH, T.; CERUZZI, P. E. *A new history of modern computing*. [S.l.]: MIT Press, 2021. Citado na página 42.
- HOLLAND, J. H. *Adaptation in natural and artificial systems: an introductory analysis with applications to biology, control, and artificial intelligence*. [S.l.]: MIT press, 1992. Citado 2 vezes nas páginas 48 e 54.
- HOLYOAKE, G. J. *Os 28 tecelões de Rochdale*. [S.l.]: WS, 2000. Citado na página 21.
- HUI, Y. *Tecnodiversidade*. [S.l.]: Ubu Editora, 2020. Citado na página 41.
- KARAKATIČ, S.; PODGORELEC, V. A survey of genetic algorithms for solving multi depot vehicle routing problem. *Applied Soft Computing*, Elsevier, v. 27, p. 519–532, 2015. Citado na página 100.

KLEBA, J. B.; CRUZ, C. C. Do empoderamento à emancipação: um marco teórico-metodológico para intervenções sociotécnicas empoderadoras. In: KLEBA, J. B.; CRUZ, C. C.; ALVEAR, C. A. S. (Ed.). *ENGENHARIAS E OUTRAS PRÁTICAS TÉCNICAS ENGAJADAS*. [S.l.]: eduepb (EDITORA DA UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA), 2022, (Diálogos interdisciplinares e decoloniais, v. 3). p. 177–218. Citado 4 vezes nas páginas 35, 109, 120 e 126.

KONSTANTAKOPOULOS, G. D.; GAYIALIS, S. P.; KECHAGIAS, E. P. Vehicle routing problem and related algorithms for logistics distribution: A literature review and classification. *Operational research*, Springer, v. 22, n. 3, p. 2033–2062, 2022. Citado na página 46.

LAMBORA, A.; GUPTA, K.; CHOPRA, K. Genetic algorithm-a literature review. In: IEEE. *2019 international conference on machine learning, big data, cloud and parallel computing (COMITCon)*. [S.l.], 2019. p. 380–384. Citado na página 47.

MALTHUS, T. R. An essay on the principle of population (1798). *The Works of Thomas Robert Malthus, London, Pickering & Chatto Publishers*, v. 1, p. 1–139, 1986. Citado na página 41.

MARMO, A.; CURY, L.; QUEIROZ, G. *Entregue como uma garota*. 2020. YouTube video. Premiered on Oct 2, 2020 in São Paulo. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=CJZnNz5g_i8&t=16s>. Citado na página 16.

MATAI, R.; SINGH, S. P.; MITTAL, M. L. Traveling salesman problem: an overview of applications, formulations, and solution approaches. *Traveling salesman problem, theory and applications*, InTech, Croatia, v. 1, n. 1, p. 1–25, 2010. Citado 3 vezes nas páginas 45, 47 e 96.

MTST, N. d. T. *Contrate quem luta*. Acessado em 30 de janeiro de 2024. Disponível em: <<http://contratequemluta.com>>. Citado na página 24.

MTST, N. d. T. *Imobilidade Urbana by Núcleo de Tecnologia Do MTST*. Acessado em 30 de janeiro de 2024. Disponível em: <<https://ntmtst.itch.io/imobilidade-urbana>>. Citado na página 24.

MTST, N. d. T. *Núcleo de Tecnologia do MTST*. Acessado em 30 de janeiro de 2024. Disponível em: <<https://nucleodetecnologia.com.br/>>. Citado na página 24.

MTST, N. d. T. *Quem Tem Fome Tem Pressa by Núcleo de Tecnologia Do MTST*. Acessado em 30 de janeiro de 2024. Disponível em: <<https://ntmtst.itch.io/fome-pressa>>. Citado na página 24.

MTST, N. d. T. *Saindo Do Buraco by Núcleo de Tecnologia Do MTST*. Acessado em 30 de janeiro de 2024. Disponível em: <<https://ntmtst.itch.io/saindo-do-buraco>>. Citado na página 24.

MTST, N. d. T. do; DOBKE, E. D. R. . *Contrate quem luta*. 2023. Acessado em 30 de janeiro de 2024. Disponível em: <<https://jacobin.com.br/2023/08/contrate-quem-luta/>>. Citado na página 24.

Núcleo de Tecnologia do MTST; Universidade de Toronto. *O MTST e a luta pela soberania digital a partir dos movimentos sociais*. 2023. Acessado em 30 de janeiro de

2024. Disponível em: <<https://nucleodetecnologia.com.br/cartilha/>>. Citado na página 24.

PLATAFORMA, O. do Cooperativismo de. *Señoritas Courier (Observatório do Cooperativismo de Plataforma)*. 2021. Produção do Observatório do Cooperativismo de Plataforma. Projeto do Laboratório de Pesquisa DigiLabour financiado pela Fundação Rosa Luxemburgo. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=qEy4AMy9dRw>>. Citado na página 23.

RECK, Y. Mulheres e cicloentregas: um estudo de caso sobre o coletivo señoritas courier. *Desafio : estudos de mobilidade por bicicleta 5*, Centro Brasileiro de Análise e Planejamento Cebrap, n. 1, p. 129–156, 2022. Citado 2 vezes nas páginas 16 e 23.

RICARDO, D. *On the Principles of Political Economy and Taxation*. [S.l.]: John Murray, 1817. Citado na página 41.

SAVELSBERGH, M. W.; SOL, M. The general pickup and delivery problem. *Transportation science*, INFORMS, v. 29, n. 1, p. 17–29, 1995. Citado na página 96.

SCHOLZ, T. Cooperativismo de plataforma. *São Paulo: Elefante*, 2016. Citado 2 vezes nas páginas 15 e 21.

SEÑORITAS Courier. 2024. Acessado em 25 de janeiro de 2024. Disponível em: <<https://linktr.ee/senoritascourier>>. Citado na página 22.

SINGER, P. Economia solidária. *Estudos avançados*, SciELO Brasil, v. 22, n. 62, p. 289–314, 2008. Citado na página 21.

SMITH, A. *An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations*. [S.l.]: W. Strahan and T. Cadell, 1776. Citado na página 41.

SUTHERLAND, J. *SCRUM: A arte de fazer o dobro de trabalho na metade do tempo*. [S.l.]: Leya, 2014. Citado na página 32.

TALBI, E.-G. *Metaheuristics: From Design to Implementation*. [S.l.]: John Wiley & Sons, 2009. Citado na página 47.

TOKARNIA, M. *Ipea: Brasil tem 1,5 milhão de motoristas e entregadores de produtos*. 2022. Acessado em 25 de janeiro de 2024. Disponível em: <<https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2022-05/ipea-brasil-tem-15-milhao-de-motoristas-e-entregadores-de-produtos>>. Citado na página 15.

TOTH, P.; VIGO, D. *The Vehicle Routing Problem*. [S.l.]: SIAM, 2002. Citado 2 vezes nas páginas 46 e 96.

TURING, A. On computable numbers, with an application to the entscheidungsproblem. *Proceedings of the London Mathematical Society*, v. 2, n. 1, p. 230–265, 1936. Citado na página 44.