



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PETRÓLEO

MATHEUS GOMES CORREIA

**PROPOSIÇÃO PARA IMPLANTAÇÃO DE UMA METODOLOGIA PARA GESTÃO
DO TRANSPORTE ESCOLAR RURAL PÚBLICO**

FORTALEZA

2018

MATHEUS GOMES CORREIA

PROPOSIÇÃO PARA IMPLANTAÇÃO DE UMA METODOLOGIA PARA GESTÃO DO
TRANSPORTE ESCOLAR RURAL PÚBLICO

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Petróleo do Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Petróleo.

Orientador: Prof. Dr. Ernesto Ferreira Nobre Júnior

FORTALEZA

2018

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

- C848p Correia, Matheus Gomes.
Proposição para Implantação de uma Metodologia para Gestão do Transporte Escolar Rural Público /
Matheus Gomes Correia. – 2018.
41 f. : il.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia,
Curso de Engenharia de Petróleo, Fortaleza, 2018.
Orientação: Prof. Dr. Ernesto Ferreira Nobre Júnior.
1. Transporte Escolar Rural. 2. Aplicativos Móveis. 3. Identificação por Radiofrequência. I. Título.
CDD 388
-

MATHEUS GOMES CORREIA

PROPOSIÇÃO PARA IMPLANTAÇÃO DE UMA METODOLOGIA PARA GESTÃO DO
TRANSPORTE ESCOLAR RURAL PÚBLICO

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Petróleo do Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Petróleo.

Aprovada em: 05 de janeiro de 2018

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Ernesto Ferreira Nobre Júnior (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Profa. Ma. Maria Edjane da Silva Soares
Instituto Federal do Ceará (IFCE)

Eng. Me. Roberto Xavier de Lima
Departamento Estadual de Rodovias (DER-CE)

A Deus.

À minha família, Darcylene, Mário e Raffael.

AGRADECIMENTOS

A Deus, o melhor *advisor*, por tudo e por me dar forças durante esta jornada.

Ao Professor Ernesto Ferreira Nobre Júnior, por sua magnífica paciência e orientação ímpar, além de todo esse período de amizade, apoio e afeto. Tenho uma eterna gratidão pela sua companhia constante durante os últimos anos. Meu muitíssimo obrigado por sempre acreditar em mim!

Ao Professor Bruno de Athayde Prata, que foi primordial para o término dessa graduação. Sem a sua amizade, essa etapa teria sido muito mais difícil. Foi uma honra imensa ter a oportunidade de sua convivência por tanto tempo!

Ao programa Ciência Sem Fronteiras, criado durante o governo da Excelentíssima Senhora Presidenta da República, Dilma Rousseff, e agradeço também à companhia norueguesa Statoil ASA o financiamento total de minha estadia de um ano em Bergen, Noruega.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo financiamento de uma pesquisa realizada nesta graduação via bolsa de estudos.

Aos amigos Cristiano e Eric pela amizade ao longo dessa trajetória e por fazerem que esse período fosse mais divertido e suportável. Sem vocês essa graduação não teria sido a mesma. Obrigado!

Ao meu irmão Raffael, pela parceria de uma vida toda e pelo companheirismo especial durante este período na Universidade.

Aos meus pais, Mário e Darcylene, pelo amor incondicional, dedicação única e por sempre incentivarem os nossos estudos. Não consigo descrever o quanto eles são importantes em minha vida. Indubitavelmente, eles são responsáveis diretos por tudo o que alcancei até o momento.

“Quando a gente anda sempre em frente, não
pode mesmo ir longe...”

(Antoine de Saint-Exupéry)

RESUMO

É possível observar que o transporte escolar rural público é um dos principais problemas que ocorrem na educação do campo. Devido às experiências passadas, verificou-se que gerenciar escolas, no âmbito do transporte escolar, não é uma tarefa fácil. Para que ocorra esse gerenciamento, como também melhoramentos, dados são necessários. Verificou-se também na literatura diversos relatos de dificuldades na realização dessas melhorias pela ausência de dados confiáveis, como também pela dificuldade em coletá-los. Sendo assim, o objetivo deste trabalho é propor a implantação de uma metodologia que auxilie a gerir o transporte escolar rural público. Para tal, o estudo sugere a utilização de um aplicativo de *smartphone* como também a tecnologia RFID (identificação por radiofrequência) para fazer com que a coleta de dados seja feita de maneira mais eficiente e que os mesmos dados sejam disponibilizados de maneira mais fácil. Uma parte dessa metodologia proposta foi validada com sucesso em estudos passados, contudo os estudos ficaram limitados pela falta de continuidade de parcerias com os gestores do transporte escolar rural.

Palavras-chave: Transporte Escolar Rural. Aplicativos Móveis. Identificação por Radiofrequência.

ABSTRACT

It is possible to observe that public rural school bus is one of the main problems that occur in the Brazilian rural education. It has been found that managing schools in the context of school bus transportation is not an easy task, because of past experiences. To make this management possible, as well as improvements, data is needed. There was also found in the literature difficulties in achieving those improvements due to the lack of reliable data, as well as the difficulty in collecting them. Therefore, the objective of this study is to propose the implementation of a methodology to help manage public rural school transportation. To do so, the study suggests using a smartphone app and also (Radio-Frequency Identification) technology to make data collection more efficient and make the same data available more easily. A part of this methodology was successfully validated in previous studies, but the studies were limited by the lack of continuity of partnerships with rural school transport managers.

Keywords: Rural School Bus Transportation. Mobile App. Radio-Frequency Identification.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Representação simples do funcionamento do <i>Radio-frequency Identification</i> (RFID)	22
Figura 2 – Tipos de etiqueta e frequência de um sistema RFID	24

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Principais dados a serem coletados em problemas de transporte escolar . . .	25
Tabela 2 – Rotina para checagem de uma planilha de veículos de um município. . . .	32

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Cetic.br	Centro Regional de Estudos para o Desenvolvimento da Sociedade da Informação
FNDE	Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação
GPS	<i>Global Positioning System</i>
INEP	Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira
LDB	Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional
LRI	Grupo de Pesquisa Logística e Redes de Infraestrutura
ONU	Organização das Nações Unidas
PNATE	Programa Nacional de Apoio ao Transporte do Escolar
RFID	<i>Radio-frequency Identification</i>
SIG	Sistema de Informações Geográficas
UFC	Universidade Federal do Ceará

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	Apresentação	14
1.2	Justificativa	15
1.3	Problema de Pesquisa	15
1.4	Objetivos	16
1.4.1	<i>Geral</i>	16
1.4.2	<i>Específicos</i>	16
1.5	Estrutura do Trabalho	16
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
2.1	Transporte Escolar Rural	18
2.1.1	<i>Legislação</i>	18
2.1.2	<i>Problemáticas do Transporte Escolar Rural</i>	19
2.1.3	<i>Recursos</i>	20
2.1.4	<i>Otimizações no Transporte Escolar</i>	20
2.1.5	<i>Limitações de Dados</i>	21
2.2	RFID	22
3	COLETA E VALIDAÇÃO DE DADOS INICIAIS	25
3.1	Coleta de dados iniciais	25
3.1.1	<i>Aluno</i>	25
3.1.2	<i>Escola</i>	27
3.1.3	<i>Frota</i>	28
3.2	Validação dos Dados	28
3.2.1	<i>Dados relacionados à localização geográfica</i>	29
3.2.1.1	<i>Visualização dos dados em um Sistema de Informações Geográficas</i>	29
3.2.1.2	<i>Determinação da amostra</i>	30
3.2.1.3	<i>Determinação das rotas</i>	30
3.2.1.4	<i>Apresentação dos resultados</i>	31
3.2.2	<i>Dados não relacionados à localização geográfica</i>	31
4	RFID E OUTRAS TECNOLOGIAS NO TRANSPORTE ESCOLAR	33
4.1	Pais/alunos	34

4.2	Escola	35
4.3	Tomadores de decisão	35
5	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	37
5.1	Conclusões	37
5.2	Limitações	37
5.3	Recomendações	38
	REFERÊNCIAS	39

1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo é feita a apresentação do trabalho, a justificativa do mesmo, o problema de pesquisa, os objetivos do trabalho, tanto geral como específicos e também a estrutura do texto da Monografia.

1.1 Apresentação

A Organização das Nações Unidas (ONU), em sua Declaração dos Direitos das Crianças de 1959, diz que a criança tem o direito de receber educação, gratuita e obrigatoriamente. (ONU, 1959) A Constituição Federal também assegura que a criança e o adolescente têm direito à educação (BRASIL, 1988).

Contudo, há a problemática nos casos em que a criança more distante da escola. Para isso, a Constituição (BRASIL, 1988) no Art. 208, VII, também garante que o Estado tem como dever o “atendimento ao educando, em todas as etapas da educação básica, por meio de programas suplementares de material didático-escolar, transporte, alimentação e assistência à saúde.”

Originalmente criado com o nome Transportes Escolares, o programa tinha como objetivo levar alunos residentes na zona rural até a escola mais próxima (INEP, 2005). Atualmente, há vários programas criados pelo Governo Federal, como o Caminho da Escola e o Programa Nacional de Apoio ao Transporte do Escolar (PNATE).

O programa Caminho da Escola, criado em 2007, tem como objetivo “renovar, padronizar e ampliar a frota de veículos escolares das redes municipal, do DF e estadual de educação básica pública” (FNDE, 2007). Além disso, o programa visa prioritariamente os estudantes que residem em áreas rurais e ribeirinhas, oferecendo transporte específico para tais regiões.

Ambos os programas são financiados pelo Governo Federal, fornecendo recursos através do Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE). Desde o seu início, o governo vem investindo centenas de milhões de reais anualmente para esses programas.

Contudo, mesmo com investimentos altos, o Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP) menciona que um dos principais problemas que a educação do campo apresenta é a dificuldade de acesso às escolas, pela falta de um sistema adequado de transporte escolar (INEP, 2007).

1.2 Justificativa

O Grupo de Pesquisa Logística e Redes de Infraestrutura (LRI), da Universidade Federal do Ceará (UFC), vem trabalhando há pelo menos 10 anos em parceria com municípios cearenses, como também a própria Secretaria da Educação do Estado do Ceará, propondo métodos de apoio à decisão para auxiliar o planejamento e a gestão do transporte escolar.

Exposto isso, verificou-se que há uma dificuldade no gerenciamento das escolas, referente ao transporte escolar, seja por motivo do número reduzido de funcionários ou pela ausência de uma apropriada orientação neste setor.

Para que esse melhoramento ocorresse, era necessário analisar inicialmente a situação do transporte escolar. Com isso, constatou-se a necessidade de uma organização dos dados já existentes. Além disso, em relação às moradias dos alunos (dado primordial para qualquer análise de roteamento de transporte escolar), o uso de logradouros mostrou-se extremamente ineficiente no âmbito rural. Também se verificou na literatura que vários estudos que visavam o melhoramento do transporte escolar sofreram limitações devido à ausência de dados ou das coletas dos mesmos.

Assim sendo, a coleta de dados referente à localização das moradias dos alunos é uma das etapas mais importantes para que possam ser feitas melhorias no transporte escolar. Há, portanto, a necessidade de se desenvolver um outro método de coleta desses dados de forma mais eficiente e mais acessível do que se feita de forma manual. Também há a necessidade de organizar melhor todos os dados, para que sejam mais facilmente acessíveis. Os dados também necessitam de serem coletados com frequência, para que constantes melhorias sejam efetuadas.

1.3 Problema de Pesquisa

Não é uma tarefa fácil fazer a gestão e planejamento do transporte escolar. Mesmo sendo de conhecimento amplo que melhorias devem ser executadas, é necessária uma certa quantidade de dados. No geral, os municípios não têm esses dados ou os possuem de maneira pouco organizada ou incorreta. Então, esse imperativo melhoramento em uma área tão importante para a sociedade deixa de ser executado. Portanto, pode-se resumir o problema de pesquisa na seguinte questão:

Como estabelecer um método para uma coleta de dados barato, eficiente e confiável, referente às moradias dos alunos, e também como coletar de forma sistemática e automatizada

outros dados pertinentes ao transporte escolar?

1.4 Objetivos

1.4.1 Geral

Propor uma metodologia de coleta de dados referentes ao transporte escolar, visando uma melhor gestão do transporte escolar rural público.

1.4.2 Específicos

- a) Analisar a literatura acerca da tecnologia RFID, como também sobre o transporte escolar rural;
- b) Identificar os principais dados que são utilizados em trabalhos voltados para a melhoria do transporte escolar;
- c) Sugerir um novo método mais conveniente e confiável para coletar dados de localização geográfica, no âmbito escolar;
- d) Propor uma validação inicial para os referidos dados e;
- e) Analisar a utilização de RFID, conjuntamente com outras tecnologias, no âmbito do transporte escolar.

1.5 Estrutura do Trabalho

Este trabalho foi dividido em 5 capítulos, a seguir apresentados:

No Capítulo 1 o trabalho é apresentado, sendo em seguida justificada a sua necessidade. Também é apresentado o problema de pesquisa, os objetivos (geral e específico) da Monografia e a sua estrutura do texto.

No Capítulo 2 é feita uma apresentação sucinta sobre a tecnologia RFID, identificando seus componentes básicos e os diferentes tipos de etiquetas (um de seus componentes). Também se apresenta uma breve contextualização do seu uso. Ainda no mesmo capítulo, é feita uma revisão acerca do transporte escolar rural, discorrendo sobre a legislação no âmbito nacional, os problemas enfrentados pelos alunos brasileiros, os recursos providos pelo Estado, quais melhoramentos podem ser feitos e como esses melhoramentos são limitadas pelos dados existentes ou não.

No Capítulo 3 os principais dados que necessitam de serem coletados são sugeridos. Além disso, é mostrado que o endereço do aluno é um dado que não pode ser exatamente utilizado da maneira convencional, então propõe-se um outro tipo de coleta para sanar este problema. Após a coleta dos dados, mostra-se um método de validação desses dados.

No Capítulo 4 se analisa a utilização do RFID, com outras tecnologias, no contexto do transporte escolar, para que haja uma coleta de outros dados de forma contínua e automatizada, além de demonstrar que há outros melhoramentos possíveis.

No Capítulo 5 são apresentadas as conclusões adquiridas com esta pesquisa, além de mostrar as limitações enfrentadas e recomendações para futuros trabalhos.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo são apresentados o transporte escolar rural, apresentando a legislação nacional acerca do tema, os problemas que os alunos do Brasil enfrentam, os recursos que o Estado provê, quais otimizações são possíveis e como as mesmas se tornam limitadas pelos dados que são, ou não, coletados. Também é feita uma sucinta apresentação sobre a tecnologia RFID, mostrando seus principais componentes e os diferentes tipos de etiqueta (um de seus componentes), contextualizando seu uso.

2.1 Transporte Escolar Rural

2.1.1 Legislação

A questão do transporte escolar rural é um assunto de extrema importância, pois o direito do mesmo é garantido pela Constituição Federal de 1988 (BRASIL, 1988), assim como várias outras leis que regulamentam o assunto (CORREIA, 2011). A Lei nº 9.394/96, conhecida comumente por Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB), também prevê que o Estado tem a obrigação de prover ao aluno o direito do uso do transporte escolar, conforme transcrição a seguir:

“Art. 4º. O dever do Estado com educação escolar pública será efetivado mediante a garantia de:

[...]

VIII - atendimento ao educando, em todas as etapas da educação básica, por meio de programas suplementares de material didático-escolar, transporte, alimentação e assistência à saúde. (Redação dada pela Lei nº 12.796, de 2013).”

Verifica-se também na mesma Lei que:

“Art. 10. Os Estados incumbir-se-ão de:

[...]

VII - assumir o transporte escolar dos alunos da rede estadual. (Incluído pela Lei nº 10.709, de 31/7/2003).”

E também:

“Art. 11. Os Municípios incumbir-se-ão de:

[...]

VI - assumir o transporte escolar dos alunos da rede municipal. (Incluído pela Lei nº 10.709, de 31/7/2003).”

Então verifica-se que, além do Estado brasileiro assumir a responsabilidade do transporte escolar, essa responsabilidade é repassada também às esferas Estaduais e Municipais. Para que isso aconteça, o Governo Federal instituiu em 2004 o PNATE, objetivando a garantia do acesso dos estudantes do ensino fundamental público que residem em áreas rurais e utilizam o transporte escolar, por meio de assistência financeira suplementar aos estados e municípios (BRASIL, 2004).

O PNATE é executado pelo FNDE, criado pela Lei nº 5.537/68, e que segundo o INEP (2005):

O programa consiste na transferência automática de recursos financeiros, sem necessidade de convênio ou outro instrumento congênere, para custear despesas com reforma, seguros, licenciamento, impostos e taxas, pneus, câmaras, serviços de mecânica em freio, suspensão, câmbio, motor, elétrica e funilaria, recuperação de assentos, combustível e lubrificantes do veículo ou, no que couber, da embarcação utilizada para o transporte de alunos da educação básica pública residente em área rural. Serve, também, para o pagamento de serviços contratados junto a terceiros para o transporte escolar.

2.1.2 Problemáticas do Transporte Escolar Rural

De acordo com Correia (2011), há vários desafios em relação ao transporte escolar rural. De uma forma geral, os maiores problemas, com relação aos veículos, podem ser resumidos em: má conservação dos veículos, veículos com irregularidades ao período de vistorias, veículos com equipamentos defeituosos ou inexistentes (cintos de segurança, extintor de incêndio, tacógrafo, suspensão, direção, dentre outros itens).

Além dos veículos, outros fatores colaboram para o mau funcionamento do transporte escolar, em relação aos condutores: documentação inadequada, relacionamento incorreto perante aos alunos, embarque e desembarque em local incorreto, utilização do transporte para outras finalidades e condução perigosa.

Há também outras dificuldades de um modo geral, como horários descumpridos, trajetos mal planejados, excesso de lotação, negligência por todos os envolvidos, vias em condições inadequadas, falta de capacitação dos gestores e motoristas.

Esses problemas podem ser observados em várias cidades de diferentes regiões do país, como Anápolis – GO (MARTINS, 2010), Santa Maria do Cambucá – PE (NASCIMENTO *et al.*, 2016), Itapemirim – ES (PINHEIRO, 2013) Trairi – CE (CORREIA, 2011)

2.1.3 Recursos

De acordo com Collicchio *et al.* (2013), o transporte escolar representa, para os municípios, o segundo maior custo com a educação. Esses custos elevados são decorrentes dos vários problemas que ocorrem no transporte escolar, como mencionados no tópico anterior.

Desde a instalação do PNATE, os recursos investidos e a quantidade de alunos beneficiados vêm aumentando de forma sistemática. No ano de 2004, foram investidos pouco menos de R\$ 241 milhões no transporte escolar, atendendo 3,2 milhões de alunos. No ano de 2014, o valor investido passou os R\$ 580 milhões, beneficiando pouco mais de 4,5 milhões de alunos (FNDE, 2015).

Percebe-se então com esses dados que o custo por aluno saltou de R\$ 75,31 para R\$ 128,89. Contudo, não houve melhorias significativas no transporte escolar (SILVA; YAMASHITA, 2010).

O fato de os critérios de distribuição dos recursos do PNATE não serem feitos de maneira adequada faz com que não haja equidade entre as diferentes cidades, no que se refere ao transporte escolar. Assim, ocorre o fato de crianças de diferentes regiões receberem um transporte escolar diferentes (SILVA; YAMASHITA, 2010).

2.1.4 Otimizações no Transporte Escolar

Percebe-se também que os recursos recebidos pelas prefeituras não são utilizados da maneira mais otimizada possível, fazendo com que haja desperdícios. Um exemplo claro disso, segundo o MEC (2009) é que no município de Costa – PR, houve uma redução de 1.800 quilômetros percorridos em 2008, transportando o mesmo número de alunos em relação ao ano anterior, utilizando otimizações de rotas com o auxílio de *Global Positioning System* (GPS), economizando um valor na ordem de R\$ 400 mil naquele ano.

Assim, uma otimização nas rotas percorridas pelo transporte escolar pode proporcionar não só uma redução nos custos, como também pode fazer com que as distâncias percorridas pelos alunos até os pontos de paradas do ônibus sejam reduzidas. Isso é de extrema importância, pois os alunos que são submetidos a serem transportados por longas distâncias costumam ficar sem concentração nas salas de aula (INEP, 2005).

O Problema de Roteamento do Transporte Escolar (*School Bus Routing Problem – SBRP*) é objeto de estudo por pesquisadores por um longo tempo, sendo estudado primeiramente

por Newton e Thomas (1969), e em sequência por muitos outros pesquisadores (KLOECKNER, 2015), devido à sua relevância prática (RAFF, 1983).

O SBRP foi postulado como cada aluno atribuído a um ônibus escolar, otimizando a utilização do veículo referente à busca e retorno de cada estudante à escola ou residência (NEWTON; THOMAS, 1969). Em seguida, vários outros autores apresentaram diferentes técnicas para a solução do problema, como também apresentaram diferentes restrições ao problema.

Pelo fato de haverem distintas restrições, as abordagens não são exclusivas. Então, o problema de roteamento do transporte escolar é constituído por diversos subproblemas (LI; FU, 2002).

Um subproblema do SBRP é o Projeto de Redes de Transporte Escolar (*School Bus Network Design* – SBND), que de acordo com Kloeckner (2015) tem por objetivo a alocação dos alunos às escolas mais próximas de suas residências. Esse subproblema está se tornando mais evidente recentemente por promover uma boa redução nos tempos de percurso dos ônibus e, conseqüentemente, nos custos com o transporte escolar (KLOECKNER, 2015).

São poucos os dados necessários para o SBND, basicamente compostos por: localizações de alunos e escolas; pontos de embarque/desembarque; frota de ônibus disponível e; horário de início e término das aulas em cada escola (KLOECKNER, 2015). Os dados necessários para o SBRP também podem ser os mesmos.

2.1.5 Limitações de Dados

Ainda que os dados necessários para que os estudos na área do transporte escolar rural sejam de pouca variedade, o fato de não serem de fácil coleta e pelo seu grande quantitativo fazem com que esses estudos se tornem bem limitados, podendo não responderem de forma adequada.

Martins (2010) constata que o seu estudo sofreu limitações de tempo, capital humano e financeiro, sendo que a amostra final ficou reduzida de tal forma que sua hipótese inicial pode não ter sido validada por esse motivo. Correia (2011) diz em seu trabalho que a maior dificuldade foi a obtenção de dados com o órgão público municipal e recomenda para futuros trabalhos que haja um melhoramento nas técnicas de levantamento e tratamento de dados georreferenciados na área rural. Uma recomendação similar é feita por Souza (2009), de que as técnicas de levantamento de dados devem ser aprimoradas. Kloeckner (2015) vai mais além e cita uma série

de limitações que houveram no seu estudo, sendo todos ou referentes ao georreferenciamento dos dados ou referente aos dados obtidos através da Secretaria de Educação do município em questão.

Constata-se então que vários estudos existem acerca do transporte escolar, tanto referentes à otimização do problema do seu roteamento e de seus subproblemas, como também em relação às infraestruturas. Contudo, fica claro que os dados são as maiores limitações desses estudos. Ainda que poucos tipos de dados são necessários, o fato de haver uma difícil coleta dos mesmos, além de os dados disponibilizados pelos gestores, muitas vezes, serem de extrema inconsistência, faz com que os estudos sejam inconclusivos ou incompletos, assim não sendo possível melhorar o sistema.

Sem uma otimização do transporte escolar como um todo, toda a sociedade é afetada. Os alunos são os mais afetados, pelos motivos já mencionados, como também os contribuintes, pois onde existe ineficiência existe desperdício de recursos financeiros.

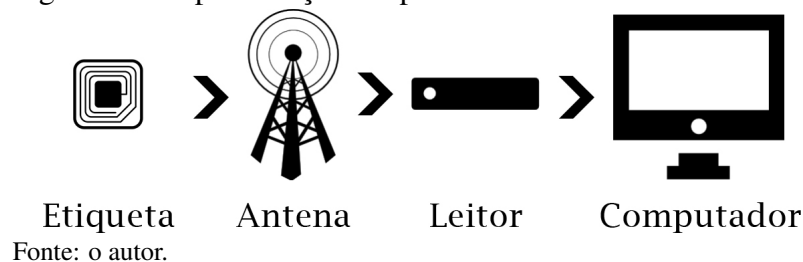
2.2 RFID

A tecnologia de Identificação por Radiofrequência (RFID, sigla derivada do inglês) consiste no uso de sinais de rádio para a transferência de dados, com a finalidade de armazenar ou ler dados de dispositivos. Esses dispositivos são denominados de etiquetas ou *tags*.

A tecnologia RFID é frequentemente comparada com o código de barras, por serem tecnologias voltadas para a identificação. Contudo, ao contrário do código de barras, um objeto com a tecnologia de RFID não precisa de estar na linha de visão do leitor.

O sistema RFID, como ilustrado na Figura 1, é composto por três equipamentos: etiqueta RFID, leitor RFID (composto por uma antena, um transceptor e um decodificador) e controlador (*middleware*), que faz o processamento e armazenamento de dados.

Figura 1 – Representação simples do funcionamento do RFID



A etiqueta RFID é um transponder extremamente pequeno e fino que pode ser

instalada ou aderida em um produto, pessoa ou animal. De uma forma bem simplificada, a etiqueta é basicamente constituída por uma antena, que tem a finalidade de receber e transmitir sinal, e por um chip, que armazena a identificação (ID) da etiqueta e também outras informações. Assim, esse conjunto faz com que a etiqueta possa receber e/ou enviar uma resposta a um sinal de rádio.

As etiquetas podem ser ativas, passivas ou semipassivas. As etiquetas passivas são as mais simples e as que mais são fabricadas (DAS, 2017), e não requerem nenhuma fonte de alimentação interna; somente são ativadas quando um leitor está perto o suficiente para fornecer energia necessária.

Já as etiquetas ativas, ao contrário das passivas, possuem uma própria fonte de alimentação, utilizada para propagar sinal ao leitor. Devido a esse fato, as etiquetas ativas são mais confiáveis que as passivas, causando menores erros de leitura, pois podem estabelecer uma conexão com o leitor. Além disso, por conta da sua fonte de energia, as etiquetas ativas são capazes de propagar sinais mais potentes que as passivas.

As etiquetas semipassivas têm características que se assemelham às etiquetas ativas, no que se refere à energia - elas possuem alimentação interna - contudo, essa alimentação tem a função de alimentar o chip e não de transmitir sinal, como as ativas.

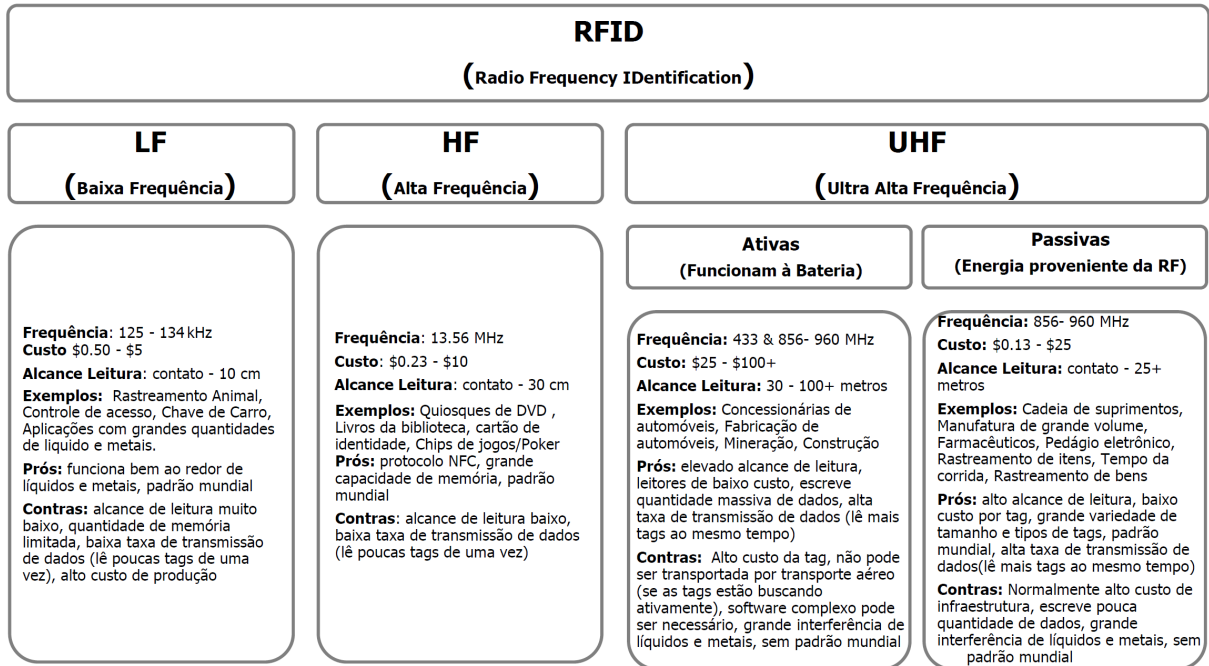
Já em relação à antena que é utilizada na etiqueta, é de grande importância a sua escolha dependendo da sua aplicação e da frequência. A Figura 2 ilustra de forma didática os tipos de etiqueta e frequência existentes.

A tecnologia não é uma novidade, seu desenvolvimento ocorreu em meados da década de 70 (WANT, 2006). Porém os avanços na tecnologia de semicondutores fizeram com que a RFID competisse com os códigos de barras no varejo. As etiquetas RFID estão revolucionando as redes de distribuição (BORRIELLO, 2005), fazendo com que as empresas que lidam diretamente com logística e cadeia de suprimentos sejam muito beneficiadas. De acordo com Nystedt (2007), a rede de supermercados Walmart pôde lucrar 287 milhões de dólares extras em 2007 somente reparando uma pequena porção dos seus problemas de estoque utilizando RFID.

Contudo, essa tecnologia não é utilizada somente no varejo. Atualmente, ela é utilizada também em indústrias, rastreamento de documentos (RAZA *et al.*, 1999) e também no transporte escolar.

Os custos de um sistema RFID totalmente funcional variam de aplicação para

Figura 2 – Tipos de etiqueta e frequência de um sistema RFID



Fonte: Adaptado de Atlas RFID Store (2017)

aplicação, como também de muitos outros fatores, por isso é difícil estimar um valor.

Há na literatura uma quantidade considerável da aplicação de RFID no âmbito escolar. Contudo, em língua portuguesa o assunto é pouco estudado, e os poucos estudos são relacionados ao uso do RFID em atividades como automatização da frequência (RIBEIRO; AZEVEDO, 2013), controle de acesso em determinados locais (ZAGONEL *et al.*, 2017) e também gestão de bibliotecas (CHEN *et al.*, 2007). O mesmo ocorre se incluído trabalhos internacionais, tendo como exemplo (AKPINAR; KAPTAN, 2010), (WEIJUN; CHANGQING, 2012) e (PIREVA *et al.*, 2013).

Assim, ainda que há empresas nacionais que utilizam RFID no transporte escolar, não foi encontrado na literatura estudos do tipo no cenário nacional. No âmbito internacional também há uma diminuta literatura em relação ao uso do RFID transporte escolar.

Contudo, não é o objetivo principal deste trabalho detalhar como deve ser feita a instalação e uso de RFID, juntamente com GPS e outras tecnologias, no transporte escolar. Sugere-se, caso haja interesse, a leitura de Shaaban *et al.* (2013), Al-Ismaili *et al.* (2015) e também Al-Lawati *et al.* (2015).

3 COLETA E VALIDAÇÃO DE DADOS INICIAIS

A metodologia proposta por esse trabalho será dividida em duas etapas. Primeiro haverá uma concentração na coleta de dados iniciais, utilizando uma nova abordagem. Com os dados iniciais coletados e validados, todas as possíveis otimizações podem ser feitas.

Em seguida, no capítulo seguinte, é sugerida aos gestores uma política de otimização constante, mantendo todos os dados atualizados e as otimizações sendo feitas ao início de cada ano letivo. Para isso, também é proposta uma segunda metodologia, utilizando a tecnologia RFID, juntamente com outras tecnologias (tais como GPS) e também o mesmo aplicativo de *smartphone* que será sugerido para a coleta de dados iniciais.

3.1 Coleta de dados iniciais

Como mostrado no capítulo anterior, a questão dos dados é um dos principais problemas para a melhora no transporte escolar rural como um todo. Os dados necessários para qualquer trabalho deste assunto estão dispostos na Tabela 1.

Tabela 1 – Principais dados a serem coletados em problemas de transporte escolar

Aluno	Escola	Frota
Identificação	Nome	Quantidade de veículos
Endereço	Endereço	Capacidade de cada veículo
Série	Capacidade de alunos, por série e turno	Características técnicas dos veículos
Escola em que estuda	-	Custos fixos e variáveis
Turno	-	-

Fonte: o autor.

Teoricamente, todas as secretarias de educação dispõem desses dados facilmente. Contudo a realidade vista nos municípios brasileiros no geral é muito diferente, principalmente em municípios menores.

3.1.1 Aluno

Mesmo em uma situação hipotética onde todos os dados são disponibilizados corretamente, ainda há problemas no caso de localidades rurais. Os logradouros dos municípios pequenos não estão totalmente cadastrados nos principais mapas online. Com isso, é impossível fazer qualquer trabalho com transporte escolar rural.

Pode-se utilizar um exemplo de uma escola cearense, a Escola Estadual de Ensino

Fundamental e Médio Belarmino Lins de Medeiros, no município de Abaiara – CE. Essa escola tem como logradouro Rua Espedito Oliveira Das Neves, 182 - Centro, Abaiara – CE, 63240-000. A razão de essa escola ser escolhida como exemplo foi pelo motivo de que Abaiara é o primeiro município do estado do Ceará quando todos estão em ordem alfabética e a referida escola é a única escola estadual da cidade, além de ser a única a oferecer o Ensino Médio.

Quando utilizado esse logradouro nos seguintes serviços de mapas online: Google Maps, Bing Maps, Here e Apple Maps (todos esses com dados não-livres) e OpenStreetMap (dados abertos), os seguintes resultados foram obtidos:

- Google Maps: encontrou a escola através do logradouro, mas aponta para um local 4km distante. Se digitado somente a rua, a mesma não é encontrada;
- Bing Maps: identifica a rua, mas não mostra o local exato da escola;
- Here: identifica a rua, mas não mostra o local exato da escola;
- Apple Maps: não identifica a rua. Quando forçada uma visualização do local de forma manual, identifica-se que a referida rua não está nomeada neste mapa;
- OpenStreetMap: escola não é encontrada. Verifica-se que a rua está cadastrada no mapa com uma grafia incorreta (Expedito ao invés de Espedito). Quando digitado a localidade com a grafia incorreta (Expedito Oliveira Das Neves), mostra somente a rua, não indicando o local exato da escola.

Desta forma, mesmo utilizando o endereço da maior escola de um município, os maiores serviços de mapas online não conseguiram obter um resultado minimamente satisfatório. O mesmo ocorre quando utilizado os endereços de alunos. No banco de dados dos gestores os endereços são frequentemente preenchidos de forma incorreta, incompleta ou até mesmo as localidades de moradia dos alunos não tem um endereço exato (por exemplo, BR 116 Km 8).

Para isso, a melhor forma de se obter os locais exatos de moradia, assim como a localização das escolas, é utilizando coordenadas geográficas. Então, o método sugerido para a coleta em massa das coordenadas dos alunos seria através de um aplicativo de *smartphone*. Através do *download* de um aplicativo, é facilitada a coleta das coordenadas de milhares de alunos, tarefa que seria extremamente laboriosa se feita de forma manual.

O aplicativo deve contemplar pelo menos os sistemas operacionais Android e iOS, pois os mesmos são os sistemas mais populares no mundo. No Brasil, em maio/2017, os dois detinham uma participação de 97,6% no mercado de dispositivos móveis (Kantar Worldpanel ComTech, 2017).

Além disso, o aplicativo em questão deve estar ligado a algum banco de dados, onde todas as informações dos alunos estariam já disponibilizadas, tais como matrícula, nome, escola, série, turno, nome dos pais e telefone. Cada aluno deve ter um nome de usuário e uma senha. O nome de usuário pode ser até mesmo a sua própria matrícula para facilitar a utilização por parte do aluno.

Sabe-se que nem toda a população tem acesso à Internet em suas residências. Segundo um levantamento do Centro Regional de Estudos para o Desenvolvimento da Sociedade da Informação (Cetic.br), o país teve 61% da população com acesso à Internet em 2016 (Cetic.br, 2017a). Mas essa mesma pesquisa indica também que somente 39% da população rural teve acesso à Internet. Nas escolas públicas, contudo, 92% têm acesso à Internet (Cetic.br, 2017b).

Devido a esse fato, sugere-se então que todos os procedimentos que exijam Internet sejam feitos nas escolas, como por exemplo o *download* do aplicativo, além de também o primeiro acesso do aluno, pois é onde o mesmo irá associar aquele telefone à sua conta. Após esse primeiro acesso, o aluno não irá mais precisar de Internet para a coleta de dados. Em sua residência, o aluno irá acessar o aplicativo e, então após o sinal de GPS estiver estável, o estudante deverá confirmar sua localização no aplicativo.

Caso o aluno não tenha um *smartphone*, a própria escola ou os interessados nos dados podem manter uma quantidade mínima de telefones disponíveis para essa tarefa. Uma vantagem desta metodologia é que um *smartphone* Android bem simples, custando menos de R\$ 300,00, consegue realizar essa tarefa, pois dispõe de GPS e acesso à Internet.

Após a marcação geográfica de sua localização, o aluno retorna à aula no dia seguinte, e acessa a Internet do local (caso ele não tenha à sua disposição em sua residência). Ao acessar a Internet, o aplicativo adiciona aos dados do aluno do banco de dados a localização geográfica de sua residência.

Para os dados de identificação (nome/matrícula), série, escola e turno em que estuda, referentes aos alunos, como mostrado na Tabela 1, espera-se que os mesmos já estejam à imediata disposição.

3.1.2 Escola

No caso do endereço da escola, o mesmo procedimento de utilização de *smartphone* deve ser feito, para poder identificar as suas coordenadas geográficas. A pessoa responsável pela coleta pode ser o próprio coordenador da escola como também a pessoa/empresa responsável

pela coleta de dados.

Referente ao nome da escola, capacidade de alunos, por série e turno, também se supõe que essas são informações de fácil obtenção, seja via coordenação da escola ou pela Secretaria de Educação do local a ser estudado.

Esses últimos dados relacionados às características da escola são de extrema importância para um possível Projeto de Redes de Transporte Escolar. Sabendo a localização dos alunos, das escolas, a série de cada aluno e as séries ofertadas pelas escolas, pode-se fazer um estudo onde evita-se que alunos estudem em escolas distantes, caso haja uma escola que lhes atendam mais próximos de suas residências.

3.1.3 Frota

Os dados referentes à frota escolar devem receber uma atenção especial pois muitos dos custos do transporte escolar estão ligados à frota. Além disso, como uma grande parte dos veículos utilizados é terceirizada, é de suma importância a fiscalização da frota, para conferir se o serviço prestado está em condições ao que é exigido pela legislação e também se está em acordo com o contrato de locação.

O INEP (2005) faz algumas recomendações sobre o que deve ser levado em consideração nas fiscalizações, tanto do veículo como também do condutor, como por exemplo os itens de segurança no veículo ou conferir se o motorista tem mais de 21 anos e habilitação apropriada para o veículo a ser conduzido.

Para uma correta gestão e estudos de otimização no transporte escolar, é necessário que os órgãos públicos tenham uma fácil disponibilidade dos dados referentes à quantidade de veículos utilizados, a capacidade de cada um deles, como também as suas características técnicas. Além disso, ainda que são dados mais difíceis de serem obtidos como também podem ser menos fiáveis, é interessante conhecer os custos fixos e variáveis do transporte escolar.

3.2 Validação dos Dados

Após a coleta dos dados necessários para que qualquer trabalho seja feito em relação ao transporte escolar, os mesmos devem ser validados. No caso da validação dos dados referentes à localização geográfica dos alunos/escola, o processo de validação é muito complexo, pelos seguintes fatores, por exemplo:

- acesso difícil às residências localizadas na zona rural;
- grande quantidade de alunos por município;
- necessidade de elevados recursos financeiros para um levantamento *in loco* e;
- elevada dificuldade de obter bases de dados geográficas que contemplem todo tipo de via, principalmente as estradas vicinais.

Pelo fato de ser proposto um método inovador de coleta de dados no âmbito do transporte escolar, não foi encontrado na literatura ou em outros locais um método de validação desses dados.

Explicita-se que esse processo de validação é relacionado a um tema complexo e que não tem recebido muita atenção de pesquisadores. Sendo assim, a validação proposta aqui é uma proposição inicial, que exige estudos posteriores para o seu aperfeiçoamento.

3.2.1 Dados relacionados à localização geográfica

Como os dados obtidos pelo aplicativo de *smartphone* sugerido neste trabalho são de extrema importância para a otimização de rotas, é importante também que esses dados estejam corretos para um melhor aperfeiçoamento.

Ainda que a tecnologia sugerida seja fundamental para a automatização e para a alta agilidade da coleta de dados, erros podem ocorrer na calibração dos dispositivos de coleta. Assim, a metodologia científica exige que seja feita uma amostragem dos dados coletados para a sua validação.

A metodologia para a validação desses dados está dividida em 4 etapas, descritas em sequência.

3.2.1.1 Visualização dos dados em um Sistema de Informações Geográficas

Seguido da coleta dessas localizações, o próximo passo é visualizar os dados coletados em um mapa. Isso faz com que a identificação de erros grosseiros seja feita de uma forma muito facilitada.

Por exemplo, dispondo os dados de localização dos estudantes no mapa do município a ser estudado, um ponto representando a moradia de um aluno que esteja localizado em um rio ou em um local totalmente distante de locais de residências comuns da cidade pode ser facilmente checado se está incorreto de forma visual.

Assim, os dados de localização dos alunos devem ser exportados para um Sistema

de Informações Geográficas (SIG) como primeiro passo. Poderia sugerir-se a utilização de um serviço de fácil utilização e gratuito, como o Google Maps. Contudo, a utilização de um SIG robusto não só fornece uma maior confiabilidade, como também faz com que um diagnóstico mais preciso do problema seja feito por meio de uma análise mais correta dos dados de localização obtidos.

Então, diante dessa situação, sugere-se a utilização do QGIS, que é um SIG totalmente gratuito e aberto, além de ter integrações com *plug-ins* e outros pacotes livres, fazendo com que seja um SIG versátil também.

3.2.1.2 *Determinação da amostra*

Após a exportação dos dados ao SIG, é necessário fazer uma amostragem desses dados. É de grande importância a etapa de amostragem, pois está relacionada diretamente à confiabilidade da validação. Quanto maior a amostra, mais refinada a validação.

A amostragem tem a função de inferir um comportamento da população utilizando somente uma parte dela. Contudo, os custos do levantamento aumentam com uma maior amostragem.

O tamanho da amostragem está relacionado diretamente com os recursos disponíveis para tal fim. Assim, esse parâmetro será definido por quem está realizando esse trabalho. Sugere-se, no entanto, que inicialmente o tamanho da amostra seja de 1% a 5%, dependendo da quantidade de alunos em estudo. Um número baixo pode não representar bem a população como um todo como também um número elevado de amostras pode não trazer benefícios elevados comparado a um número adequado, além de incorrer em maiores custos.

Além disso, sugere-se que a seleção da amostra se dê aleatoriamente, selecionando essa porcentagem definida dos alunos por escola, caso hajam múltiplas escolas em estudo.

Com essa porcentagem de alunos selecionada, deve-se fazer um levantamento *in loco* da residência desses alunos, para confirmar que essas coordenadas geográficas estejam corretas.

3.2.1.3 *Determinação das rotas*

Feito o levantamento dos alunos, sendo exportado para um SIG e depois selecionada uma amostra de forma aleatória e correta, as rotas devem ser determinadas.

Por ser um problema não reportado na literatura pesquisada, a modelagem exata do problema em questão necessita de estudos futuros. Visto que este trabalho não tem como

objetivo desenvolver uma nova formulação matemática para este problema, inicialmente pode ser feito o uso do Problema do Caixeiro Viajante para obter rotas para validar as coordenadas geográficas coletadas.

Sugere-se então que os alunos sejam agrupados baseados em suas localizações geográficas, para assim obter rotas para cada grupo. Após esse agrupamento, aplica-se o roteamento com o uso da formulação do problema do caixeiro viajante clássico.

Nota-se que seria interessante no momento de calcular as rotas, utilizar um SIG para isso. Ainda que se pode utilizar um *software* de otimização como o CPLEX, utilizando a matriz de distâncias euclidianas entre todos os pontos estudados, fazer esse roteamento de forma otimizada utilizando as restrições reais de vias existentes (por exemplo, utilização de vias entre dois pontos e não somente uma reta, ou restrições de sentido de tráfego) deixaria o modelo mais preciso.

3.2.1.4 Apresentação dos resultados

Com a geração de rotas realizada, os resultados obtidos devem ser disponibilizados graficamente em mapas por meio do SIG utilizado anteriormente. Novamente, a apresentação desses resultados de forma visual facilita a operação por parte do gestor. Além disso, podem-se simular vários cenários, até que se encontre o que melhor se adéqua às necessidades do estudo.

3.2.2 Dados não relacionados à localização geográfica

Muito provavelmente os outros dados necessários para um estudo relacionado ao transporte escolar, como já mencionado na Tabela 1, será fornecido pelos gestores. Esses dados deverão vir em uma planilha eletrônica.

Contudo, para validar esses dados, sugere-se que se faça uma análise crítica e também a identificação de possíveis erros. Esses erros podem ser identificados analisando a formatação dos dados. Por exemplo, em uma planilha onde há dados referentes aos veículos de um município, pode-se utilizar a rotina identificada na Tabela 2

Após a checagem de erros de formatação, uma análise crítica dos dados é recomendada. Por exemplo, se tratando de dados referentes à idade dos motoristas, é válido separar por faixa etária. O Código Nacional de Trânsito prevê que os motoristas de transporte escolar sejam maiores que 21 anos.

Além disso, a idade dos condutores é uma métrica importante para, por exemplo,

Tabela 2 – Rotina para checagem de uma planilha de veículos de um município.

Dados	Checagem
Fabricante	Há números?
Modelo	Há células vazias?
Tipo	Há números?
Combustível	Há números?
Conservação	Há números?
Capacidade	Há texto?
Idade	Há texto?
Quantidade de Veículos	Há texto?

Fonte: o autor.

verificar a correlação entre o índice de acidentes e a idade dos motoristas. Uma empresa do ramo de seguros constatou que a maioria dos acidentes de carro ocorre com motoristas na faixa dos 26 a 35 anos (Sonho Seguro, 2017).

Percebe-se então que é interessante de um ponto de vista estratégico fazer uma análise crítica também. Com os dados validados e filtrados, o tomador de decisões tem um melhor suporte para agir no transporte escolar estudado.

4 RFID E OUTRAS TECNOLOGIAS NO TRANSPORTE ESCOLAR

Após a proposição de uma metodologia de uma coleta de dados semiautomatizada utilizando *smartphones*, fazendo com que seja possível um bom melhoramento dos processos inerentes ao transporte escolar, sugere-se então o uso de outra tecnologia que automatiza ainda mais a coleta de dados.

A solução proposta de utilização de um aplicativo para a coleta de dados de localização geográfica é importante para sanar os problemas decorrentes do mapeamento incompleto das cidades, principalmente dos menores municípios. Como já discorrido anteriormente, sem a localização exata das residências dos alunos e das escolas, qualquer trabalho de otimização no transporte escolar se torna deficitário, ou até mesmo incapaz de ser realizado.

Contudo, há outros tipos de dados que também são importantes para o transporte escolar, como já abordado na Tabela 1, que não são contemplados com a metodologia anteriormente proposta de coleta de dados utilizando *smartphones*.

No geral, esses dados são obtidos através de planilhas fornecidas pelos gestores, que foram coletadas em algum momento de forma manual, sendo passivas de erros. Como também mostrado anteriormente, sugere-se verificar esses dados e também fazer uma análise crítica.

Para coletar esses dados de uma forma automatizada, reduzindo essa chance de erros nos dados, fazendo com que eles sejam não só mais confiáveis, mas que também proporcione uma maior facilidade em usá-los, sugere-se então a utilização do RFID, alinhado com outras tecnologias.

Como explicitado anteriormente, na Introdução e na Revisão Bibliográfica, não é do objetivo deste trabalho demonstrar a instalação do RFID no transporte escolar, mas sim analisar o uso da mesma neste âmbito. Então, em seguida, estarão detalhados *players* envolvidos que são favorecidos com a utilização do RFID, como também em quais aspectos exatamente ocorrem essas benfeitorias, e o que isso pode gerar.

Há principalmente 3 atores envolvidos que são diretamente beneficiados quando se trata de transporte escolar público: pais/alunos; escola e; governo. Os benefícios para cada um desses atores estão descritos logo em seguida, se utilizado esse conjunto de tecnologias proposto.

4.1 Pais/alunos

A utilização do RFID no transporte escolar faz com que o mesmo seja ainda mais seguro. De acordo com o Departamento de Segurança Pública da Carolina do Norte (2013), entre os anos 1989 e 1999, os ônibus escolares foram 87 vezes mais seguros que carros privados quando comparado o número de fatalidade de crianças de 5 a 18 anos, durante os horários normais de transporte escolar.

Contudo, há ainda casos de fatalidades quando se esquece uma criança, por exemplo, dentro do transporte escolar (SHAABAN *et al.*, 2013). Além disso, é de comum informação que crianças deixam de ir à escola para participar de outras atividades, sem o conhecimento dos pais.

Então uma primeira vantagem imediata de se utilizar essa tecnologia é o aumento da segurança do aluno. O transporte se torna ainda mais seguro, e os pais têm a certeza que os filhos foram para a escola. Não haveria mais a necessidade de contatar as autoridades para ter a certeza que seus filhos estão de fato na escola.

Além disso, visto que o sistema de RFID a ser implantado trabalhará também em conjunto com GPS e Internet, utilizando uma versão aprimorada do aplicativo de *smartphone* sugerido anteriormente, os alunos e pais sabem exatamente a que horas o veículo responsável pelo transporte irá passar pelo ponto de embarque/desembarque do aluno, ou se há atrasos, além de ver em tempo real a localização do veículo.

Também, caso o motorista percorra uma rota diferente da originalmente planejada, os pais seriam notificados sobre isso. Os pais também poderiam receber em tempo real notificações importantes, como paradas não planejadas ou velocidade acima do permitido.

Estendendo ainda mais as funcionalidades de toda a tecnologia envolvida, os pais por exemplo poderiam avisar imediatamente aos diretores de que seu filho não iria naquele dia e que, sendo assim, a escola não necessitaria de contatar os pais sobre o assunto. Também, caso os pais desejem que seu filho em um particular dia desça em uma parada diferente, por qualquer motivo, os mesmos poderiam avisar a escola diretamente pelo aplicativo essa mudança naquele dia. Assim, o motorista seria notificado de tal desejo, como também os pais não seriam notificados de que seu filho desceu em uma parada incorreta.

4.2 Escola

Com esse sistema em funcionamento, a escola obteria um maior controle sobre os alunos. Por exemplo, caso algum aluno não utilize o transporte escolar em determinado dia, a escola seria notificada imediatamente.

Além disso, caso a tecnologia de GPS seja implementada também dentro das escolas, haverá uma maior agilidade na dinâmica das aulas, pois o professor não terá mais necessidade de checar a presença dos alunos.

A escola também poderia implantar os mesmos recursos não somente na entrada das salas de aula para checar frequência, como também na entrada da escola. Caso seja do interesse dos gestores, uma atitude desse tipo pode aumentar ainda mais a segurança dos alunos, pois em casos onde os alunos são buscados por alguma pessoa, a escola somente liberaria o aluno para pessoas previamente cadastradas. Toda saída do aluno seria controlada, seja via transporte escolar ou pessoalmente, então caso haja algum problema com o mesmo, a informação sobre determinado aluno seria facilmente acessada acerca do modo de saída do estudante.

De um ponto de vista mais pedagógico, seria interessante também que houvesse um desenvolvimento maior por parte dos diretores da escola em relação aos hábitos do aluno. Com o uso de tecnologias, vários tipos de dados sobre hábitos dos alunos, como também de suas famílias, seriam obtidos de forma facilitada.

Poderia ser identificado de forma mais fácil uma possível relação entre quantidade de faltas e desempenho ruim, por exemplo. Além disso, talvez alunos onde os pais têm um maior descuido (elevado índice de requerimentos para que o seu filho desça em uma parada diferente que a da sua casa, por exemplo) também influencia no desempenho do aluno. Com os dados de moradia dispostos em um mapa, poderia também estudar mais facilmente se há uma relação entre alunos que moram em condições socioeconomicamente desfavoráveis e um desempenho ruim. As possibilidades de estudos são enormes quando se dispõe de vários dados facilmente.

4.3 Tomadores de decisão

Não somente os pais, alunos e os diretores da escola são beneficiados com a implantação desse conjunto de tecnologias. Os tomadores de decisão, que incluem, mas não limitado a, funcionários das secretarias de educação são também muito favorecidos com isso.

Um dos maiores problemas que as secretarias de educação enfrentam no início de

cada ano letivo está relacionado à questão financeira. Ainda é muito difícil calcular precisamente o custo do transporte escolar por aluno. Obter de forma satisfatória e confiável os dados relacionados à frota é uma tarefa complexa. Com um sistema de RFID integrado diretamente aos veículos responsáveis pelo transporte escolar, a fiabilidade dos dados se torna muito maior.

Inicialmente, todos os dados referentes ao veículo em questão teriam de ser cadastrados, como a capacidade e características técnicas, por exemplo. Fazendo isso, instalando fisicamente o conjunto de tecnologias no veículo, e inserindo já essas informações iniciais no banco de dados que vai ser utilizado para aquele veículo, a chance de ocorrer fraudes é diminuída (por exemplo, não ocorreriam casos onde o município contrata um ônibus e, com a falta de fiscalização, o contratado passa a utilizar uma camioneta).

Os seguintes dados poderiam ser obtidos de forma automática: quilometragem rodada; tempo da rota; total de dias por ano onde houvera transporte e; quantidade de alunos transportados. Além disso, pelo fato de se necessitar um cadastramento prévio tanto da frota como dos condutores, outros dados também estariam facilmente acessíveis, tais como: características do veículo (tipo, modelo, idade, tipo de combustível, conservação, capacidade, idade); quantidade de veículos disponíveis e; quantidade de motoristas; dados do motorista (dados pessoais e categoria da habilitação).

Percebe-se que a utilização destas tecnologias não só proporciona uma coleta de dados automatizada, como também uma melhor organização de dados já existentes. Não somente isso, mas todas as decisões que são feitas no âmbito do transporte escolar, com os dados precisos, se tornam mais acertadas. Os gestores então podem organizar melhor a frota, identificando facilmente consumo de combustível por veículo, como também os melhores condutores, por exemplo.

Além disso, com a constante coleta de dados, os gestores podem mais facilmente criar e testar outras rotas. Por exemplo, mesmo que determinada rota seja a menor em termos de distância percorrida, uma rota distinta pode incorrer em menores gastos, devido à qualidade superior da via. Com o auxílio de técnicas de otimização ou até mesmo aprendizado de máquinas, rotas podem ser automaticamente sugeridas.

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Neste capítulo, são feitas as considerações finais, apresentando as conclusões obtidas ao largo deste trabalho, como também as limitações enfrentadas e recomendações para futuros trabalhos.

5.1 Conclusões

O presente trabalho teve como objetivo geral o desenvolvimento de uma metodologia de coleta dos dados de localização geográfica das moradias dos alunos, utilizando um aplicativo de *smartphone*, e o mesmo foi atingido por meio do desenvolvimento do capítulo três, quando foi proposto um novo método mais prático e seguro.

Além disso, seguindo com a segunda parte do objetivo geral, referente à análise do uso do RFID no âmbito do transporte escolar, pode-se afirmar que esse objetivo também foi alcançado, através do desenvolvimento do capítulo quatro. Os objetivos específicos também foram cumpridos, dando suporte assim ao cumprimento do objetivo geral.

Durante as pesquisas para a realização do presente estudo não foram encontrados relatos na literatura que tratasse acerca dos dados necessários para que haja os trabalhos de melhoramento do transporte escolar. Ainda que existem trabalhos que tratam das infraestruturas das escolas e do transporte escolar rural, e também da nucleação de alunos no transporte escolar, que acarretam em menores custos com o transporte, foram encontrados nesses trabalhos limitações para que os mesmos pudessem ser melhores executados. Sendo assim, buscou-se sanar esse problema comum de dados, sugerindo uma abordagem ainda não encontrada na literatura, no que se refere ao transporte escolar. Também foi analisado o uso do RFID no transporte escolar, o mesmo, também não encontrado na literatura em âmbito nacional.

A primeira etapa de utilização de *smartphone* para coleta de dados, como também a validação desses dados foi feita previamente, obtendo resultados satisfatórios. Contudo, estudos mais aprofundados devem ser realizados.

5.2 Limitações

O principal limitante deste trabalho foi não ter sido feito uma aplicação prática de tudo o que foi proposto aqui. Ainda que haja a experiência de outros projetos realizados juntamente com a Secretaria de Educação do Estado do Ceará e com alguns municípios, um

problema recorrente foi a descontinuidade dos estudos junto a estes órgãos.

Estudos do tipo requerem um planejamento de longo prazo, e infelizmente no âmbito local, as políticas referentes à educação são muito voláteis, dependendo diretamente do governante no comando.

É importante salientar que o transporte escolar não é uma atividade como outra qualquer em um sistema educacional. Na realidade, ela é um meio de imperativa relevância para que a aprendizagem dos alunos ocorra de forma melhorada.

5.3 Recomendações

Sabe-se que a implantação do RFID não é uma tarefa tão facilmente executada, então por isso sugere-se que os interessados utilizem primeiramente a solução de coleta de dados geográficos pelo *smartphone*, validando em seguida os dados obtidos. Após feito algumas otimizações iniciais com esses dados, parte-se então para um melhoramento mais avançado, utilizando a solução descrita de RFID em conjunto com outras tecnologias.

Sugere-se para trabalhos futuros que, após posto em prática a metodologia descrita neste trabalho, os dados coletados sejam utilizados para a criação de um sistema de gestão de transporte escolar. Também podem ser feitos estudos sobre todos os custos envolvidos no transporte escolar público.

REFERÊNCIAS

- AKPINAR, S.; KAPTAN, H. Computer aided school administration system using RFID technology. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, v. 2, n. 2, p. 4392–4397, 2010. ISSN 18770428. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1877042810007391>>.
- AL-ISMAILI, M. S.; AL-MAHRUQI, A.; VRINDAVANAM, J. Bus Safety System for School Children Using RFID and SIM900 GSM MODEM. **International Journal of Latest Trends in Engineering and Technology**, v. 5, n. 1, p. 221–229, 2015.
- AL-LAWATI, A.; AL-JAHDHAMI, S.; AL-BELUSHI, A.; AL-ADAWI, D.; AWADALLA, M.; AL-ABRI, D. RFID-based system for school children transportation safety enhancement. In: **2015 IEEE 8th GCC Conference & Exhibition**. IEEE, 2015. p. 1–6. ISBN 978-1-4799-8422-0. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/7060047/>>.
- Atlas RFID Store. **The Beginner's Guide To RFID Systems**. Birmingham: [s.n.], 2017. 16 p. Disponível em: <<https://rfid.atlasrfidstore.com/basics-of-an-rfid-system-ebook>>.
- BORRIELLO, G. RFID: Tagging the World. **Communications of the ACM**, v. 48, n. 9, p. 34, 2005. Disponível em: <http://dl.acm.org/ft_gateway.cfm?id=1082017&type=html>.
- BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília: [s.n.], 1988. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm>. Acesso em: 14 nov. 2017.
- BRASIL. **Lei nº 10.880 de 9 de junho de 2004**: Institui o programa nacional de apoio ao transporte do escolar - pnate e o programa de apoio aos sistemas de ensino para atendimento à educação de jovens e adultos, dispõe sobre o repasse de recursos financeiros do programa brasil alfabetizado, altera o art. 4º da lei nº 9.424, de 24 de dezembro de 1996, e dá outras providências. Brasília: [s.n.], 2004. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/lei/110.880.htm>. Acesso em: 11 nov. 2017.
- Cetic.br. **TIC Domicílios 2016**: Pesquisa Sobre o Uso das Tecnologias de Informação e Comunicação nos Domicílios Brasileiros. São Paulo: Comitê Gestor da Internet no Brasil, 2017. 426 p. ISBN 978-85-5559-048-1. Disponível em: <http://cetic.br/media/docs/publicacoes/2/TIC_DOM_2016_LivroEletronico.pdf>.
- Cetic.br. **TIC Educação 2016**: Pesquisa Sobre o Uso das Tecnologias de Informação e Comunicação nas Escolas Brasileiras. São Paulo: Comitê Gestor da Internet no Brasil, 2017. 400 p. ISBN 978-85-5559-049-8. Disponível em: <http://cetic.br/media/docs/publicacoes/2/TIC_EDU_2016_LivroEletronico.pdf>.
- CHEN, R. C.; TAVARES, J. J.-P. Z. d. S.; SILVA, J. R. SGB: Sistema de Gestão e Controle da Informação para Bibliotecas com RFID. **Revista Prisma.Com**, n. 5, p. 47–66, 2007. Disponível em: <<http://revistas.ua.pt/index.php/prismacom/article/viewFile/656/pdf>>.
- COLLICCHIO, E.; NASCIMENTO, J. d. S.; PEREIRA, E. Q.; SILVEIRA, M. A. d.; FINCO, M. V. A.; RODRIGUES, W. **Pesquisa Nacional Custo Aluno**: O Transporte Escolar Rural Sob Diversos Olhares. Palmas: UFT, 2013. 318 p. ISBN 978-85-63526-35-9.

CORREIA, M. L. V. **Análise das Infraestruturas de Apoio aos Alunos da Zona Rural: O caso da escola de ensino fundamental Sebastião Félix**. 94 p. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2011.

DAS, R. **RFID Forecasts, Players and Opportunities 2017-2027: The complete analysis of the global RFID industry**. Cambridge, 2017. 166 p. Disponível em: <<https://www.idtechex.com/research/reports/rfid-forecasts-players-and-opportunities-2017-2027-000546.asp>>.

Departamento de Segurança Pública da Carolina do Norte. **School Bus Safety**. 2013. Disponível em: <http://www.scdps.gov/szs/school_bus_safety.htm>. Acesso em: 17 nov. 2017.

FNDE. **Sobre o Caminho da Escola**. 2007. Disponível em: <<http://www.fnde.gov.br/programas/caminho-da-escola>>.

FNDE. **Dados Estatísticos**. 2015. Disponível em: <<http://www.fnde.gov.br/programas/pnate/sobre-o-plano-ou-programa/dados-estatisticos>>. Acesso em: 14 nov. 2017.

INEP. **Cartilha do Transporte Escolar**. Brasília: O Instituto, 2005. 36 p.

INEP. **Panorama da Educação do Campo**. Brasília: O Instituto, 2007. 44 p.

Kantar Worldpanel ComTech. **Smartphone OS sales Market Share**. 2017. Disponível em: <<https://www.kantarworldpanel.com/global/smartphone-os-market-share/>>.

KLOECKNER, N. V. d. R. **O Problema de Nucleação de Alunos no Transporte Escolar**. 58 p. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal do Ceará, 2015.

LI, L. Y. O.; FU, Z. The school bus routing problem: a case study. **Journal of the Operational Research Society**, v. 53, n. 5, p. 552–558, 5 2002. ISSN 0160-5682. Disponível em: <<http://www.palgrave-journals.com/doi/10.1057/palgrave/jors/2601341>>.

MARTINS, A. P. A. **Análise dos Impactos das Condições do Transporte Escolar Rural no Rendimento Escolar dos Alunos**. 118 p. Dissertação (Mestrado) — Universidade de Brasília, 2010.

MEC. **Monitoramento por satélite diminui custo com veículos**. 2009. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/ultimas-noticias/211-218175739/13769-monitoramento-por-satelite-diminui-custo-com-veiculos>>. Acesso em: 13 nov. 2017.

NASCIMENTO, M. V. L. d. A.; DOURADO, A. B. d. F.; ANDRADE, M. O. d. Avaliação do Transporte Escolar Rural Pelos Usuários em Pequena Cidade no Agreste de Pernambuco. p. 12, 2016.

NEWTON, R. M.; THOMAS, W. H. Design of school bus routes by computer. **Socio-Economic Planning Sciences**, v. 3, n. 1, p. 75–85, 1969. ISSN 00380121. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0038012169900512>>.

NYSTEDT, D. **Wal-Mart eyes \$287 million benefit from RFID**. 2007. Disponível em: <<https://www.networkworld.com/article/2286892/network-security/wal-mart-eyes--287-million-benefit-from-rfid.html>>.

ONU. **Declaration of the rights of the child**. 1959. Disponível em: <[http://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/1386\(XIV\)](http://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/1386(XIV))>.

PINHEIRO, T. G. B. S. **Diagnóstico do Transporte Escolar Rural Público no Município de Cachoeiro de Itapemirim – ES**. 93 p. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal do Espírito Santo, 2013.

PIREVA, K. R.; SIQECA, J.; BERISHA, S. RFID: Management System for students' attendance. **IFAC Proceedings Volumes**, v. 46, n. 8, p. 137–140, 2013. ISSN 14746670. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1474667016342288>>.

RAFF, S. Routing and Scheduling of Vehicles and Crews. **Computers & Operations Research**, v. 10, n. 2, p. 63–211, 1 1983. ISSN 03050548. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/0305054883900308>>.

RAZA, N.; BRADSHAW, V.; HAGUE, M.; Microlise Systems Integration Limited. Applications of RFID technology. In: **IEE Colloquium. RFID Technology**. IEE, 1999. v. 1999, p. 1–1. Disponível em: <http://digital-library.theiet.org/content/conferences/10.1049/ic_19990674>.

RIBEIRO, E. V. L.; AZEVEDO, J. A. d. D. **A Utilização da Identificação por Radiofrequência (RFID) na Educação**. Campo dos Goytacazes: [s.n.], 2013. 56 p.

SHAABAN, K.; BEKKALI, A.; HAMIDA, E. B.; KADRI, A. Smart Tracking System for School Buses Using Passive RFID Technology to Enhance Child Safety. **Journal of Traffic and Logistics Engineering**, v. 1, n. 2, p. 191–196, 2013. ISSN 23013680. Disponível em: <<http://www.jtle.net/index.php?m=content&c=index&a=show&catid=32&id=51>>.

SILVA, A. R. D.; YAMASHITA, Y. Modelo de Distribuição de Recursos Para o Transporte Escolar Rural a Partir dos Princípios da Igualdade e da Equidade. **TRANSPORTES**, v. 18, n. 3, p. 88–96, 7 2010. ISSN 2237-1346. Disponível em: <<http://www.revistatransportes.org.br/anpet/article/view/455>>.

Sonho Seguro. **Estudo da Liberty Seguros revela que jovens são responsáveis pela maior parte dos acidentes de carro**. 2017. Disponível em: <www.sonhoseguro.com.br/2017/12/estudo-da-liberty-seguros-revela-que-jovens-sao-responsaveis-pela-maior-parte-dos-acidentes-de-carro/>. Acesso em: 27 dez. 2017.

SOUZA, V. M. **Análise Crítica da Infraestrutura de Suporte aos Alunos e do Sistema de Transporte Escolar Rural: O caso dos distritos de trairi**. 203 p. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2009.

WANT, R. An Introduction to RFID Technology. **IEEE Pervasive Computing**, v. 5, n. 1, p. 25–33, 1 2006. ISSN 1536-1268. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/1593568/>>.

WEIJUN, Z.; CHANGQING, C. To achieve a Campus Interchangeable Card Based on RFID Technology. **Energy Procedia**, v. 17, p. 293–298, 2012. ISSN 18766102. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S187661021200433X>>.

ZAGONEL, M. V.; MACHADO, C. C.; MÔNEGO, C. Tecnologia RFID: Um Estudo de Caso Para Controle de Acesso em Escolas. **Revista de Engenharia, Computação e Tecnologia**, v. 1, n. 1, p. 31–38, 2017. Disponível em: <<http://www.revistas.fw.uri.br/index.php/recet/article/view/2247>>.