

ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
CURSO DE ENGENHARIA DA COMPUTAÇÃO

BRUNO CARAPETO HECK DA COSTA
GIULIANO TASCHETTI RICCI
HENRIQUE SEIJI TAKAHASHI

SISTEMA DE MONITORAÇÃO E MOVIMENTAÇÃO

São Paulo
2010

BRUNO CARAPETO HECK DA COSTA
GIULIANO TASCHETTI RICCI
HENRIQUE SEIJI TAKAHASHI

SISTEMA DE MONITORAÇÃO E MOVIMENTAÇÃO

Monografia apresentada à Escola Politécnica
da Universidade de São Paulo para
obtenção do diploma de conclusão de curso.

Orientadores:
Prof^a. Dr^a Graça Bressan e
Dr. Denis Gabos

São Paulo
2010

Dedicamos este trabalho primeiramente a Deus, pela saúde, fé e perseverança que tem nos dado. A nossos pais, pelo apoio e incentivo à busca por novos conhecimentos e, especialmente a Armando Heck, que dedicou várias noites para acompanhar nosso trabalho e nos orientou com seu conhecimento e inteligência. Ao Prof. Denis Gabos e à Prof^a. Graça Bressan, pela fonte de sabedoria e dedicação com a qual supervisionaram este trabalho, sendo sensíveis às diversas situações e entraves que lhes foram apresentados.

"O dicionário é o único local aonde o sucesso vem antes do trabalho. Trabalho árduo é o preço a pagar para se ter sucesso. Você pode conseguir tudo desde que esteja disposto a pagar o preço."

Vince Lombardi
Treinador de futebol americano
(1913 – 1970)

Resumo

Este projeto consiste em um sistema que visa monitorar a movimentação de pessoas em ambientes fechados, tais como salas de aula, auditórios, salas de reunião, com o objetivo de registrar sua presença. O sistema desenvolvido para isso tem como base um leitor RFID. A programação desse leitor tem como objetivo monitorar a entrada e a saída de pessoas portando um cartão identificador. No decorrer do projeto foi desenvolvida uma prova de conceito visando comprovar a validade do sistema e as funcionalidades implementadas. Também foram definidas as especificações necessárias para um futuro caso real de implementação em uma sala de aula e, no caso de ambientes mais complexos, em uma escola com diversas salas de aula. Nesse documento também se encontram os resultados obtidos nos testes, comprovando as melhorias geradas pelo sistema e as ideias para expansões de forma que passem a ser monitorados diferentes ambientes fechados.

Palavras-chave: Sistemas de monitoração. Controle automático. Controle Digital, RFID.

Abstract

This project consists of a system designed to monitor the movement of people in indoor environments such as classrooms, auditoriums, meeting rooms, in order to register their presence. The system developed for this purpose is based on a RFID reader. The programming of the reader was done to monitor the entry and exit of people carrying an identification card. During the project it was developed a proof of concept to prove the validity of the system and the features implemented. It was also defined the necessary specifications for a real case of implementation in a classroom and, in a more complex case, in a school with several classrooms. This document also presents the results obtained in the tests, demonstrating the improvements generated by the system and the ideas for its expansion so it can monitor several indoor environments.

Keywords: Monitoring systems, Automatic control, Digital control, RFID

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Torre de RFID	5
Figura 2 - Componentes do sistema RFID.....	6
Figura 3 - Etiquetas RFID classificadas por frequência	8
Figura 4 - Equipamento de identificação IF61.....	11
Figura 5 - Visão geral do sistema	14
Figura 6 - Ilustração do Sistema de Prova de Conceito.....	21
Figura 7 – Softwares de desenvolvimento do Intermec	23
Figura 8 – Máquina de estados do professor.....	25
Figura 9 – Máquina de estados do aluno parte 1.....	26
Figura 10 – Máquina de estados do aluno parte 2.....	27
Figura 11 - Arquitetura de camadas.....	29
Figura 12 – Diagrama de classes do aluno e professor.....	31
Figura 13 - Diagrama de classes do Escalador	33
Figura 14 – Diagrama entidade-relacionamento das tabelas do sistema	35
Figura 15 - Programa de controle antes do início de período	39
Figura 16 - Programa de controle após IA	40
Figura 17 - Programa de controle com professor e aluno em aula	40
Figura 18 - Programa de controle com aluno fora da sala de aula	41
Figura 19 – Interface de cadastro das etiquetas para o aluno	42
Figura 20 - Especificação do leitor IF61.....	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Faixas de frequência do leitor IF61	12
Tabela 2 - Seqüências de testes realizados	37
Tabela 3 - Tabela de comandos do BRI Reader	53
Tabela 4 - Tabela de comandos do BRI Reader (continuação)	54

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	Objetivos	1
1.2	Motivação	1
1.3	Organização	2
2	ASPECTOS CONCEITUAIS	4
2.1	Tecnologia Utilizada	4
2.1.1	O que é RFID	4
2.1.2	História do RFID	4
2.1.3	Aplicações RFID na Engenharia Moderna	5
2.1.4	Etiquetas RFID	7
2.2	Equipamento Utilizado	10
2.2.1	Características do IF61	11
3	ESPECIFICAÇÃO DO PROJETO	13
3.1	Considerações Iniciais	13
3.2	Arquitetura do Sistema	13
3.3	Usuários	14
3.4	Requisitos Funcionais e Não Funcionais	15
3.4.1	Não Funcionais	15
3.4.2	Funcionais	16
3.5	Regras de Negócio	17
4	METODOLOGIA	18
4.1	Definição do Tema do Projeto	18
4.2	Especificação do Funcionamento Desejado	18
4.3	Equipamento Adequado aos Requisitos	19
4.4	Estudo do Equipamento	19
4.5	Modelagem do Sistema	19
4.6	Desenvolvimento do Sistema	20
4.7	Testes e Conclusão	20
5	PROJETO E IMPLEMENTAÇÃO	21
5.1	Prova de conceito	21
5.2	Escolha do Ambiente integrado de desenvolvimento (IDE)	22
5.3	Especificações do Algoritmo	23

5.4	Arquitetura proposta.....	29
5.5	Implementação.....	30
5.5.1	Desenvolvimento do Sistema em C#.....	30
5.5.2	Desenvolvimento do Banco de Dados.....	34
6	TESTES E AVALIAÇÃO	37
6.1	Descrição geral dos testes	37
6.2	Testes de funcionamento do sistema.....	38
7	RESULTADOS OBTIDOS.....	43
7.1	Estudo e Pesquisa	43
7.2	Resultados da Implementação	43
7.3	A Equipe.....	44
8	CONSIDERAÇÕES FINAIS	45
8.1	Contribuições do Projeto	45
8.2	Trabalhos Futuros e Possíveis Aplicações.....	45
9	LISTA DE REFERÊNCIAS.....	47
	ANEXO A – Informações referentes ao leitor IF61	49
A1	Informações de Segurança Sobre o Equipamento IF61.....	49
A2	Especificações do Equipamento IF61	49
A3	BRI Reader	52
A4	Características Gerais da Arquitetura BRI	52
A5	Palavras reservadas para comandos do BRI Reader	52
	ANEXO B – Protocolo EPC Gen2.....	54

1 INTRODUÇÃO

O monitoramento é a observação e o registro de atividades. É um processo contínuo de acúmulo de informações em diversos aspectos, que permite a criação de relatórios de forma que tais informações sejam usadas em avaliações e controle de atividades. Com o monitoramento é possível analisar a situação observada, identificar problemas, encontrar soluções e garantir que as atividades sejam executadas (BARTLE, 1987).

1.1 Objetivos

O objetivo deste projeto é especificar e construir um sistema capaz de identificar e monitorar a presença e movimentação de pessoas dentro de um conjunto de ambientes fechados.

Pessoas portadoras de um cartão de identificação, que estiverem cadastradas no sistema, poderão ter as informações sobre horário de chegada e de saída registradas em um banco de dados. Tais informações se tornam importantes quando a presença de determinadas pessoas são obrigatórias ou servem de análise para pesquisas e estudos.

Um dos principais objetivos é facilitar a passagem das pessoas, tanto na entrada quanto na saída dos locais monitorados, sem a necessidade de catracas, fiscais nas portas ou mesmo listas de presença. Com base nas informações colhidas por este sistema, várias ações podem ser adotadas.

1.2 Motivação

Uma atividade recorrente nas inúmeras salas de aula do mundo inteiro é a "chamada" feita pelo professor, onde ele chama aluno por aluno para conferir a presença dos mesmos na sala de aula. Outro modo de operação existente para o mesmo fim é o controle de presença por listas de chamadas que muitas vezes acabam sendo ineficazes pela facilidade de fraude. O fato de o professor ter que

chamar cada um para verificar a presença costuma tomar muito tempo, tanto do professor, que está sendo pago para ministrar a aula, quanto do aluno, que deveria aproveitar ao máximo o tempo em sala de aula para aprender. Além disso, muitas vezes o processo da chamada tem de ser feito no início e no final das aulas, em uma tentativa de certificar que o aluno tenha assistido à aula por completo.

Dessa maneira, um sistema que controle e automatize o gerenciamento da presença dos alunos se torna útil, sem que seja necessário a intervenção manual de professores, elevando a confiabilidade e também economizando tempo precioso de todos os interessados em um bom aprendizado em sala de aula.

A escolha desse tema para o projeto de formatura teve como principal justificativa a diversidade de áreas da engenharia envolvidas na implementação do sistema. Podemos citar, entre elas, a integração de tecnologias de sensoriamento e o controle envolvendo o estudo de hardwares utilizando tecnologia RFID, o desenvolvimento de algoritmos de monitoramento, além da necessidade de um estudo aprofundado dos custos do projeto, mercados alvo, podendo identificar assim a viabilidade do projeto em diferentes aplicações reais.

O envolvimento dessas diferentes visões e necessidades fazem com que ele se caracterize, antes de mais nada, em um complexo projeto de engenharia.

1.3 Organização

O presente documento está dividido nas seguintes seções:

- Capítulo 2 – Aspectos Conceituais: são definidos os conceitos básicos e as formalizações a serem discutidos ao longo de todo o trabalho, tais como os detalhes da tecnologia, do hardware e do software utilizados;
- Capítulo 3 – Especificação do Projeto: neste capítulo serão discutidos a arquitetura, os requisitos do sistema e as regras de negócio;
- Capítulo 4 – Metodologia: descrição das etapas envolvidas no projeto;
- Capítulo 5 – Projeto e Implementação: detalhamento da implementação, descrição da metodologia e arquitetura desenvolvida;
- Capítulo 6 – Testes e Avaliação;

- Capítulo 7 – Considerações Finais: este capítulo argumenta sobre os resultados obtidos com o projeto, suas contribuições e possíveis trabalhos futuros;

2 ASPECTOS CONCEITUAIS

Neste capítulo serão descritos aspectos conceituais, teóricos e tecnologias básicas que foram utilizados no decorrer do projeto.

2.1 Tecnologia Utilizada

A principal tecnologia empregada no projeto é o RFID (*Radio-Frequency Identification*), um método de identificação automática através de sinais de rádio.

2.1.1 O que é RFID

A identificação por radiofrequência é um método que visa identificar de forma automática pessoas ou objetos que possuam cartões identificadores.

Esses cartões são energizados quando aproximados de um sensor e, por possuírem chips de silício, são capazes de responder aos sinais recebidos. Desse modo, podem ser identificados de forma automática por uma antena, que por sua vez está conectada a um leitor que transmite as informações para o ambiente em que elas serão processadas.

2.1.2 História do RFID

Desde os primórdios das sociedades modernas, o ser humano teve a tentação de monitorar tanto pessoas como objetos. Após o desastre do Titanic em 1912, ficou claro para os cientistas da época que era realmente importante investir no desenvolvimento da tecnologia de radares. Esses radares foram os precursores do RFID como se conhece hoje.

Os primeiros sistemas com base na tecnologia RFID surgiram na metade do século XIX, durante a Segunda Guerra Mundial. O sistema consistia em radares localizados estrategicamente para monitorar a chegada de aviões inimigos. Porém, o desafio na época era reconhecer se o avião detectado era aliado ou inimigo.

Nos anos 70, baseados nos estudos do Laboratório Científico de Los Alamos, Robert Freyman, Steven Depp e Alfred Koelle publicaram em um seminário um estudo aprofundado sobre a rádio-telemetria para a identificação eletrônica. A partir dessa publicação começaram a surgir vários trabalhos neste setor, o que contribuiu muito para o desenvolvimento acelerado que se viu nos anos seguintes (SHEPARD, 2005).

Mais adiante, por volta da década de 80, o setor de segurança contra furto iniciou projetos utilizando etiquetas de vigilância eletrônica, uma medida para prevenir o furto de mercadorias em ambientes como supermercados ou *megastores*. A ideia funcionou, e estas etiquetas continuam sendo a base para os sistemas atuais.



Figura 1 – Torre de RFID
Fonte: RFID: Radio Frequency Identification

2.1.3 Aplicações RFID na Engenharia Moderna

O RFID é uma tecnologia que vem se tornando popular nos últimos anos e está sendo amplamente utilizada em diversos projetos de engenharia. Parte desse

crescimento pode ser atribuído ao estabelecimento de normas, mandatos varejistas e do governo, que contribuíram para a queda nos custos e o desenvolvimento ainda maior da tecnologia (ISSN, 2009). Outra razão que explica o crescimento é a versatilidade da tecnologia e o numeroso leque de aplicações nas quais podem ser empregados dispositivos contendo a tecnologia RFID.

A figura 2 abaixo ilustra os equipamentos que compõem um sistema RFID:

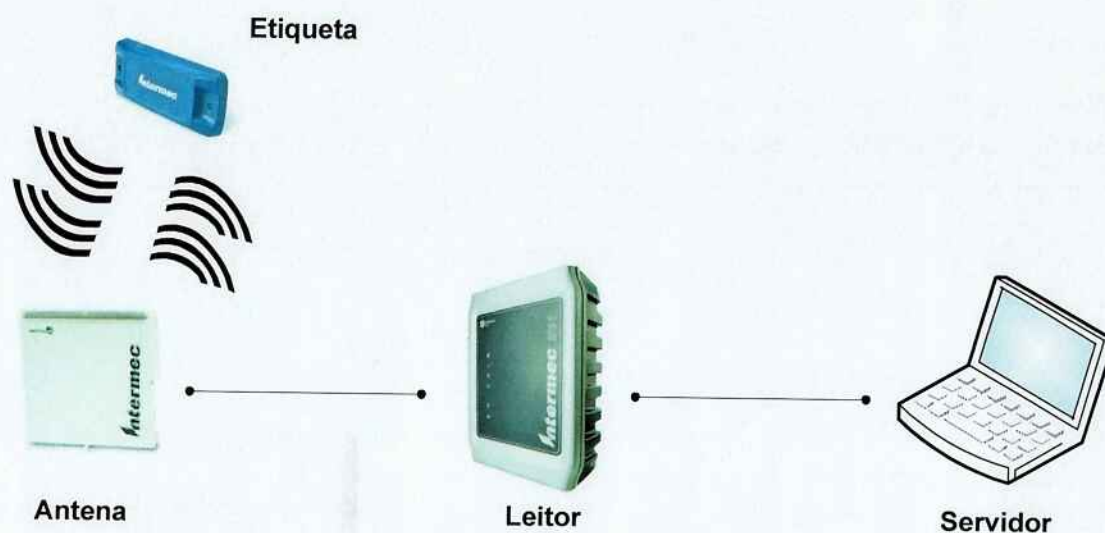


Figura 2 - Componentes do sistema RFID

A etiqueta se comunica com a antena, que por sua vez se comunica com o leitor e em seguida com o servidor de aplicação.

Um dos principais fatores que decidem o sucesso da implementação de um sistema com RFID está na escolha das etiquetas RFID apropriadas. Esse dispositivo deve ser escolhido de acordo com a aplicação utilizada no projeto. Desse modo, devem ser estudadas as diversas especificações das diferentes etiquetas para saber qual é a mais apropriada para o projeto.

Um exemplo da versatilidade da tecnologia pode ser observado no grande número de opções de uso das etiquetas RFID, como em cartões, embalagens de produtos, animais, carros, entre outros. Para cada uma dessas aplicações pode-se optar por diferentes tipos de etiquetas.

Primeiramente, a escolha deve estar de acordo com os requisitos regulamentadores existentes nas diversas regiões do mundo nas quais as etiquetas serão utilizadas. Os produtos devem obedecer às normas atuais e emergentes que

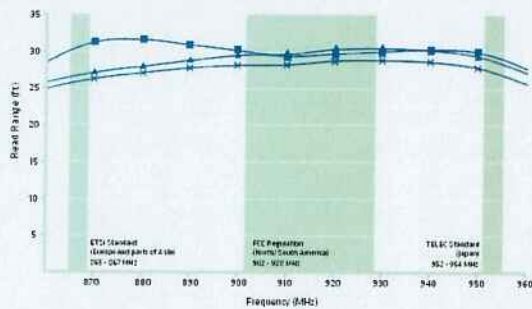
garantam a compatibilidade e a interoperabilidade com outros equipamentos. Como exemplo de normas pode-se citar: EPC Gen 2, EPC Global Class 1 Geração 2 e ISO 18000-6C. Caso o produto utilizado não obedeça às normas vigentes, o investimento feito não estará assegurado contra obsolescência prematura (INTERMEC, 2007).

2.1.4 Etiquetas RFID

A figura 3 mostra os gráficos de diferentes tipos de etiquetas RFID em relação à sua faixa de frequência (INTERMEC, 2007).

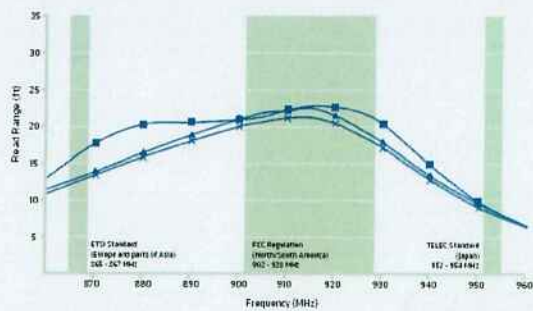
Large Gen2 Rigid Tags

Read Range Performance of Large Gen2 Rigid Tags



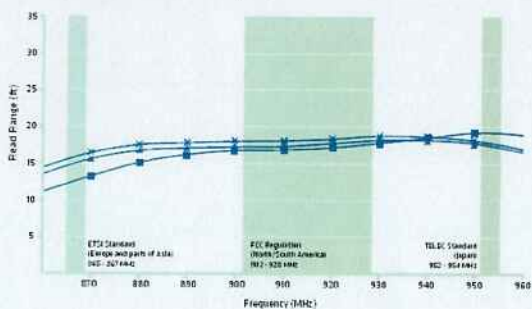
Large ISO 6B Rigid Tags

Read Range Performance of Large ISO 6B Rigid Tags



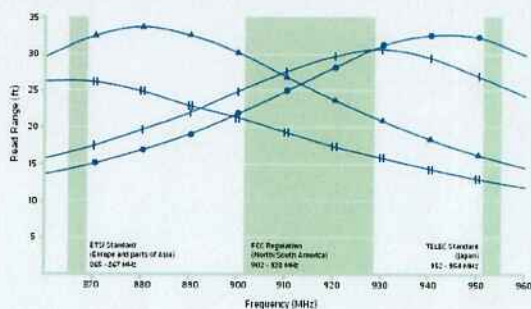
Small Gen2 Rigid Tags

Read Range Performance of Small Gen2 Rigid Tags



UHF Gen2 Identification Card

Read Range Performance of Gen2 ID Card



Material Legend

- Metal
- ▲— Plastic
- Free Space
- ×— Wood
- ||— Plywood
- +— Cardboard

Figura 3 - Etiquetas RFID classificadas por frequência

Após certificar-se de que o produto atende às regras das normas vigentes, outra importante característica que deve ser levada em consideração na escolha é o alcance necessário na aplicação. Este alcance está relacionado à potência e pode variar muito de uma etiqueta para outra, já que elas estão divididas em dois grandes grupos: as passivas e as ativas.

As passivas respondem ao sinal enviado pela base transmissora e não possuem bateria interna. Essas etiquetas são geralmente usadas em projetos em

que a potência não é um fator crítico, ou seja, a distância que eles necessitarão ser identificados ao passarem próximo a um sensor não é muito grande.

As ativas, dotadas de bateria, possuem a capacidade de enviar o seu próprio sinal. Estas, por sua vez, são usadas em projetos em que a potência é um fator crítico, ou seja, as etiquetas deverão ser identificadas mesmo que passem a uma grande distância dos sensores.

Outro fator crítico que envolve a decisão sobre o tipo de etiqueta a ser utilizado é a quantidade de memória. O modelo mais comum existente é o que possui uma memória simples com uma identificação que será referenciada em um banco de dados. No entanto, existem certos modelos que permitem armazenar informações dentro da própria etiqueta. Esta configuração torna-se essencial para um acesso direto, no caso, por exemplo, de uma eventual queda no banco de dados.

A forma da etiqueta também é de fundamental importância para o sucesso da aplicação, que tem uma grande variedade de estilos e tamanhos. A Intermec, por exemplo, possui um portfólio que exhibe diversos modelos dos mais variados tamanhos e materiais. A escolha do material está ligada às condições ambientais nas quais a etiqueta estará sujeita, além da durabilidade mínima requisitada para o projeto. Essa indústria cresceu muito nos últimos anos, pois com o crescimento do uso do RFID cresceram também as necessidades do uso em condições ambientais mais adversas.

Após escolhida a etiqueta, os próximos passos para a construção de um sistema completo utilizando RFID são: analisar a infra-estrutura necessária, o armazenamento das informações em um banco de dados compatível e a coexistência do sistema com um eventual controle pré-existente no setor.

A escolha do banco de dados passa por uma análise dos requisitos que o sistema deverá suportar e das distribuições desses requisitos no tempo, de forma que seja possível definir a arquitetura mais adequada à aplicação.

Após definir todos os parâmetros do projeto, a implantação do sistema também requer muito estudo e cuidado, pois mesmo com todas as normas existentes a tecnologia RFID ainda está longe de ser considerada do tipo "plug-and-play". Muitas empresas não possuem a *expertise* necessária para lidar com o design e a implantação do sistema, e portanto não conseguem antecipar as complexidades e as consequências das decisões a serem tomadas. Estas empresas devem buscar a ajuda de especialistas na instalação do sistema, de forma a garantir o bom

funcionamento do mesmo. Abaixo uma lista de exemplos em que sistemas de RFID podem ser implementados:

- Operações de Fabricação
- Operações de Armazém
- Cadeia de operações de abastecimento
- Visibilidade no Trânsito
- Sistemas de entrega
- Gestão de Lojas
- Serviço de campo

2.2 Equipamento Utilizado

O equipamento utilizado nesse projeto é a combinação do leitor IF61 e as antenas que o acompanham. O conjunto foi fornecido pela Intermec, uma empresa provedora de tecnologia para a cadeia de suprimentos.

O leitor IF61 possui um processador Intel Celeron M de 600MHz e até 1 GB de memória opcional. É possível hospedar aplicações em Java, JavaScript e C# .Net, e com isso armazenar e manipular informações de etiquetas RFID e enviar para um servidor em um formato adequado.

Em sua interface de comunicação há uma bancada de teste, onde é possível carregar, editar e executar JavaScript como um recurso padrão. Isso permite aos programadores testes de lógica diretamente no equipamento, facilitando o desenvolvimento de aplicações utilizando-se poucos recursos.



Figura 4 - Equipamento de identificação IF61

O equipamento disponibilizado pela Intermec contém diversas etiquetas dos mais variados tipos. Todas as etiquetas são tratadas de forma parecida pelo leitor no momento do processamento, além disso possuem características de alcance semelhante.

Para o projeto foi escolhida uma etiqueta leve, de tamanho médio, pequena o suficiente para caber no bolso da pessoa portadora. Esta etiqueta pode ser identificada pelo *Part Number* Gen 2-IT04U00YTT002A (INTERMEC,2007). O material de revestimento da etiqueta é emborrachado, proporcionando uma maior durabilidade. Entretanto, pode-se citar como ponto negativo o seu custo, que supera as etiquetas sem revestimento, dificultando sua produção em larga escala.

2.2.1 Características do IF61

Analisando a Tabela 1 pode se observar as aplicações para as diferentes faixas de frequência e os alcances para cada uma delas. Variando-se a frequência em que o leitor atua, o alcance também varia e, quanto maior a frequência de operação, maior será o alcance para a identificação das etiquetas RFID.

Tabela 1- Faixas de frequência do leitor IF61

Frequency Band	Description	Range	Common Applications
125 – 134 KHz	Low Frequency	To 18 inches	Vehicle identification
13.56 MHz	High Frequency (HF)	Near contact – 3 feet	Electronic ticketing and fare collection; contactless payment; access control; commercial laundry and garment tracking; sample tracking.
858 – 930 MHz	Ultra-high Frequency (UHF)	1 to 30 feet	Compliance tagging and other case and pallet ID; returnable container tracking, work-in-process tracking; asset management; baggage tagging; WiFi-based RTLS.
2.45 GHz	Microwave	10+ feet	Long-range identification with active tags

Fonte: ABCs of RFID: Understanding and using radio frequency identification

Para o projeto descrito neste documento, o leitor IF61 opera na faixa de frequência 858 a 930 MHz. E, de acordo com a Tabela 1, o alcance é de aproximadamente 9 metros, atendendo às necessidades de implementação. O protocolo de comunicação utilizado é o EPCGEN2 (especificações referentes ao protocolo podem ser lidas no anexo B).

3 ESPECIFICAÇÃO DO PROJETO

A especificação do projeto é feita descrevendo-se os usuários, a arquitetura do sistema, os equipamentos utilizados e os requisitos que o mesmo pretende atender.

Os usuários são descritos como os atores do sistema, que terão diferentes funções e atuarão nos mais diversos momentos.

A arquitetura é descrita de forma a especificar os equipamentos de rede utilizados e suas interconexões.

Por fim são descritos os requisitos, que estão separados em dois grandes grupos: os funcionais e os não funcionais.

3.1 Considerações Iniciais

Os usuários, a arquitetura e os requisitos do projeto foram modelados para uma aplicação real no ambiente específico de uma sala de aula de uma universidade ou colégio. Sendo assim, os requisitos de segurança estão implementados de modo a diminuir as possibilidades de fraude no que diz respeito à presença dos alunos.

3.2 Arquitetura do Sistema

O sistema geral pode englobar um ou mais ambientes fechados como visto na figura 5 abaixo. O sistema possui todos os sensores (combinação da antena com o leitor) ligados a um switch de rede, e este conectado a um servidor cujas informações relacionadas às aulas, alunos e salas estão armazenadas.

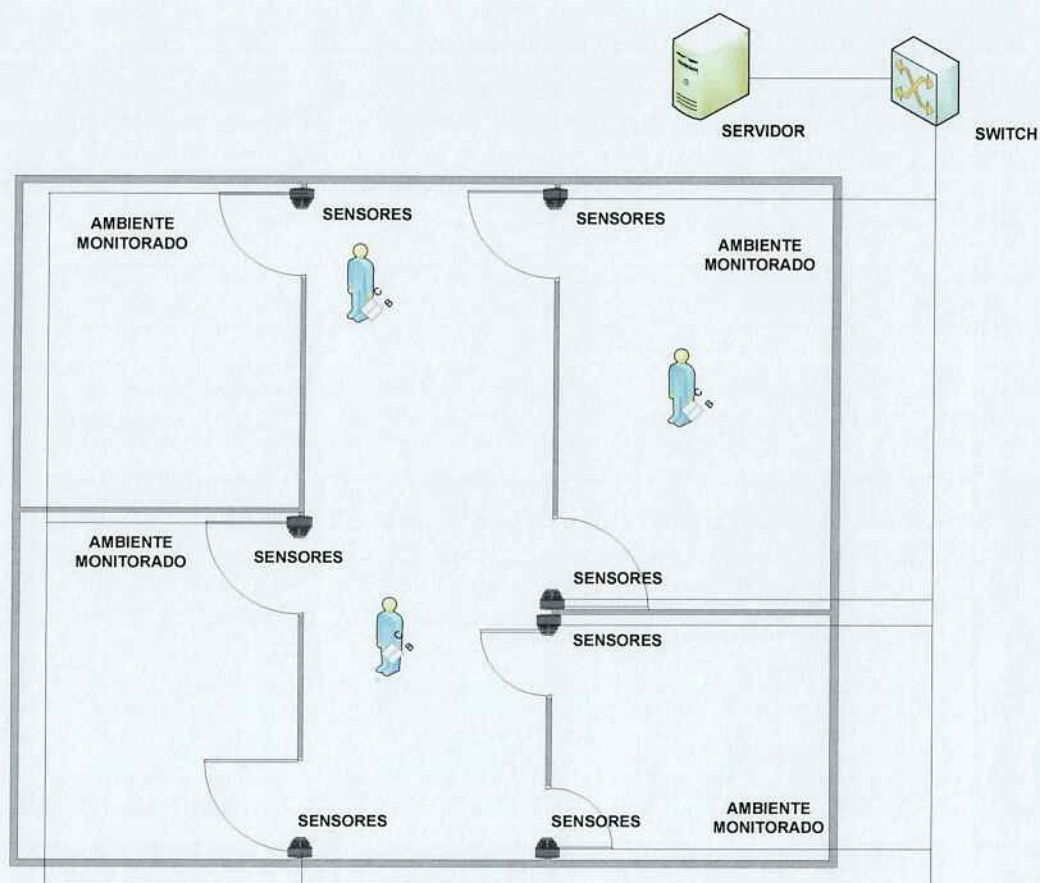


Figura 5 - Visão geral do sistema

A prova de conceito foi implementada utilizando-se uma configuração reduzida do sistema, constituída por um leitor e uma antena.

3.3 Usuários

Os atores do sistema foram divididos em quatro grupos com diferentes funções e permissões.

- Professores e pessoal de administração da escola: consultam o sistema para verificar a frequência dos alunos, corrigir ou alterar alguma presença devido a apresentação de atestados, fazer pesquisas analisando as aulas com menores índices de faltas, entre outras atividades;
- Alunos: estão cadastrados no sistema em que têm sua presença contabilizada. Os alunos têm acesso à situação atualizada de seus

índices de frequência de acordo com o relatório de faltas fornecido pelo sistema;

- Administrador/Webmaster: faz eventuais modificações no sistema, manutenções nos arquivos e operações em geral;
- Coordenador do curso: define as regras de frequência mínima em sala de aula e o tempo mínimo de presença em sala de aula para ser contabilizada a presença.

3.4 Requisitos Funcionais e Não Funcionais

Os requisitos do projeto podem ser divididos entre requisitos não funcionais e funcionais.

Os requisitos não funcionais englobam a parte de infra-estrutura necessária e definem como o sistema deve realizar suas ações e como eles se relacionam com padrões de qualidade, tais como confiabilidade, desempenho, robustez, etc. Esses requisitos são muito importantes pois definem se o sistema será eficiente para a tarefa a que se propõe (WESLEY, 2004).

Os requisitos funcionais são os que descrevem o comportamento do sistema, suas ações para cada entrada, ou seja, é a especificação do que tem que ser feito pelo sistema.

Nas seções abaixo seguem as definições e as descrições dos requisitos do projeto.

3.4.1 Não Funcionais

Os três requisitos não funcionais do projeto que abrangem a parte estrutural envolvidos no sistema são descritos abaixo:

RNF[01]: sigilo e privacidade. O aluno poderá abdicar do controle de presença por eventual necessidade de privacidade;

RNF[02]: o sistema deve funcionar de modo automatizado, não tomando tempo do professor nem dos alunos;

RNF[03]: expansibilidade. O sistema deverá permitir expansões, como para outras áreas da universidade/escola (laboratórios, bibliotecas, etc), de maneira

integrada, sem necessidade de reinstalação e perda de informações das unidades já em operação.

3.4.2 Funcionais

Os nove requisitos funcionais do projeto resumem ações imprescindíveis que devem ser executadas pelo sistema:

RF[01]: o sistema deve detectar a entrada/saída de um aluno por qualquer uma das possíveis portas das salas;

RF[02]: o sistema deve mostrar ao professor o número de alunos presentes em sala em tempo real;

RF[03]: o sistema deve mostrar a lista de alunos matriculados e suas respectivas presenças;

RF[04]: o sistema deve permitir o uso de uma base de dados que suporte grande quantidade de dados (informações dos alunos, como nome, número de matrícula, horário de entrada, saída, etc) e alta taxa de requisições simultâneas (horário de pico). Habitualmente muitas aulas começam no mesmo horário ou em horários próximos;

RF[05]: deve ser possível configurar a monitoração de duas ou mais portas de entradas e saídas em uma mesma sala ou ambiente;

RF[06]: o sistema deve permitir a configuração de maneira flexível dos critérios de atribuição de presença ou ausência para alunos;

RF[07]: o sistema não deve contabilizar a presença de alunos portando mais de um cartão RFID;

RF[08]: o sistema possibilita a identificação de alunos que tentem burlar o sistema saindo da sala sem o cartão identificador e permanecendo fora até o término do período.

RF[09]: ao término da última aula de um período (por exemplo, do período matutino), o aluno deve se retirar da sala e entrar novamente para que o sistema registre sua presença.

3.5 Regras de Negócio

As regras de negócio do projeto foram idealizadas pensando em um ambiente de uma sala de aula, com restrições para tentar diminuir ao máximo o risco de fraudes.

- Cada aluno só terá sua presença corretamente contabilizada se passar portando apenas um cartão identificador.
- O aluno terá sua presença contabilizada se permanecer pelo menos 80% da aula dentro da sala.
- O tempo de aula começa a ser contabilizado no momento em que o professor entra na sala de aula. Porém, se o professor entrar antes do início oficial da aula (ou seja, o horário em que a aula deve começar já definido no sistema), o início da contagem do tempo de aula será no horário exato do início oficial da aula.
- O aluno será reprovado por faltas se tiver uma frequência menor que 70%.

4 METODOLOGIA

Desde o início, o planejamento do projeto foi de fundamental importância para que o resultado final fosse de acordo com o esperado. Foram registrados todos os eventos significativos, tais como os problemas encontrados, as dificuldades de comunicação e as observações desde o início do desenvolvimento até a conclusão da implementação do sistema. Além de reuniões periódicas com os orientadores, a equipe também se reuniu diversas vezes para discutir e alinhar suas ideias.

As primeiras reuniões se resumiram em definir um cronograma de acordo com o escopo do projeto e dividir as tarefas entre os integrantes da equipe. Eventuais adversidades encontradas pela equipe sempre foram analisadas e ponderadas, de forma que soluções alternativas para o problema garantissem a boa qualidade do projeto.

4.1 Definição do Tema do Projeto

A primeira reunião para definir o tema do projeto foi realizada com os orientadores. A ideia surgiu de forma conjunta e, dessa forma, agradou tanto ao grupo quanto aos orientadores, que puderam direcionar de que forma as ideias da equipe poderiam ser implementadas de acordo com os recursos disponíveis.

Com o tema já definido, os integrantes se dedicaram a estudar as possíveis tecnologias de implementação para que, em um segundo momento, a descrição geral do sistema fosse elaborada.

4.2 Especificação do Funcionamento Desejado

A descrição geral do sistema foi bastante discutida, pois estava diretamente relacionada com as regras de negócio de funcionamento. Nas reuniões seguintes, os requisitos e as regras de negócio foram definidos. O passo seguinte foi a discussão sobre as possibilidades de fraude e como mitigá-las, o que consumiu um tempo considerável da equipe.

4.3 Equipamento Adequado aos Requisitos

Definidos os requisitos e as regras de negócio, era necessário obter um equipamento que possibilitasse que todas as etapas fossem cumpridas. Com a dependência do equipamento para dar continuidade ao projeto, foi feita uma análise dos riscos envolvidos para cada caminho que fosse seguido.

Em paralelo, parte do sistema foi modelado pois não dependia da tecnologia ou do equipamento utilizado. O desenvolvimento do banco de dados do sistema com as tabelas relacionais, contendo informações das aulas, alunos e professores puderam ser concluídas durante essa etapa de obtenção do equipamento.

Após três semanas de busca, uma empresa se ofereceu para emprestar um equipamento que contemplasse todos os requisitos do sistema, não havendo a necessidade de alterar o planejamento ou fazer ajustes dos requisitos e regras de negócios para adequar o projeto a um equipamento com menos funcionalidades.

4.4 Estudo do Equipamento

O equipamento para a leitura das etiquetas de RFID é o IF61 da Intermec, que pode ser observado na Figura 4 e melhor detalhado no anexo A. Um estudo foi realizado para que o aparelho fosse utilizado da forma mais conveniente para o projeto especificado.

Conectado ao IF61, que se caracteriza como o leitor das etiquetas RFID e responsável por todo o processamento dos dados obtidos, estão as antenas, que captam das etiquetas o seu respectivo código de identificação e o encaminham para o leitor. Com base nessas informações, a equipe compreendeu o processo de comunicação com o leitor, estudando sua interface e como o código obtido poderia ser tratado dentro do escopo do projeto.

4.5 Modelagem do Sistema

Depois de se ter estudado o equipamento utilizado para fazer a leitura e a interpretação das etiquetas RFID, tais como a API "BRI Reader" (anexos A3, A4 e A5) provida pelo fabricante Intermec, foi feito um estudo sobre como o sistema seria modelado de forma a suportar os requisitos já especificados.

Assim, o primeiro passo dado nesse sentido foi o de fazer uma máquina de estados para cada aluno e outra máquina de estados para cada professor.

4.6 Desenvolvimento do Sistema

Após o estudo aprofundado sobre a interface do equipamento e seu funcionamento, pôde-se ter uma ideia do que deveria ser feito para que o objetivo fosse alcançado. Entre eles, a implementação seria algo que tomaria tempo excessivo, dado a complexidade do sistema completo. Assim, parte da equipe ficou encarregada principalmente pela exaustiva implementação do sistema, enquanto outra parte da equipe ficou responsável pela documentação do que estava sendo feito. Porém, no decorrer do projeto todos integrantes tiveram que agir de forma pró-ativa tanto na documentação quanto no detalhamento do software desenvolvido, já que o software acabou sendo muito mais complexo do que o grupo imaginou anteriormente, ao detalhar o cronograma e as divisões de tarefas.

4.7 Testes e Conclusão

Com o desenvolvimento do sistema concluído pôde-se dar início aos testes. Foram testadas diferentes situações dentro do escopo do projeto, sendo que alguns testes apontaram erros e, posteriormente, foram devidamente corrigidos.

Para uma melhor análise, a equipe simulou um dia normal de aula, no qual o sistema permaneceu ativo durante 24 horas. A entrada e saída de alunos com diferentes etiquetas RFID ao longo do período observado implicaram em atualizações de informações no sistema.

Após os testes, foram consultadas as interfaces de monitoramento com os resultados obtidos. Uma vez constatado o funcionamento do sistema a equipe se reuniu para discutir melhoramentos e possíveis expansões futuras.

5 PROJETO E IMPLEMENTAÇÃO

A implementação do projeto foi feita através de uma prova de conceito em que é possível validar a funcionalidade do sistema em uma aplicação de proporções reais.

Nas próximas seções, serão discutidos detalhes sobre: a prova de conceito construída (ou seja, a modelagem feita); a escolha do ambiente de desenvolvimento; as especificações do algoritmo para que o sistema funcionasse de acordo com os requisitos; a arquitetura proposta e a implementação em si.

5.1 Prova de conceito

Com o intuito de provar a validade da solução modelada, foi construído o ambiente de protótipo da figura 6. O ambiente é constituído de uma sala com uma porta para entrada e saída.

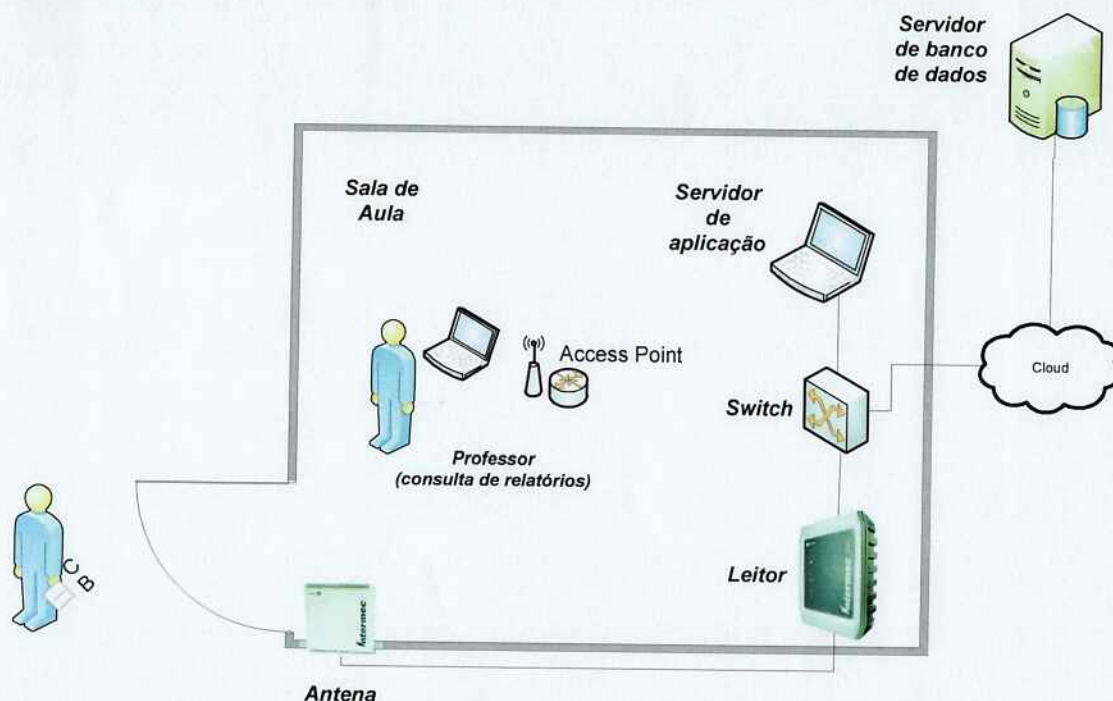


Figura 6 - Ilustração do Sistema de Prova de Conceito

O sistema da prova de conceito é composto por uma antena na porta de entrada e saída, um leitor que pode estar localizado dentro ou fora da sala de aula, um switch de rede, onde podem estar conectadas outras salas, o servidor de aplicação e o servidor de banco de dados.

A antena está instalada na porta de acordo com as normas de segurança do equipamento descritas no anexo A1.

O leitor IF61, que processa todas as informações transmitidas pela antena, está conectado ao switch de rede. O leitor envia esses dados para o servidor de aplicação, onde são tratados de acordo com o algoritmo do sistema.

A escolha de se colocar os dados armazenados em um servidor remoto reside no fato de o conceito de *Cloud Computing* estar em alta. Esse termo se refere a um conjunto de recursos como capacidade de processamento, armazenamento, conectividade, plataformas, aplicações e serviços estarem disponibilizados na Internet. Na prova de conceito em questão, foi utilizado o conceito de IAAS (*Infrastructure As A Service*), já que as necessidades de hardware estão sendo terceirizadas, ou seja, parte da infraestrutura é subcontratada (TAURION, 2009).

5.2 Escolha do Ambiente integrado de desenvolvimento (IDE)

Para que o desenvolvimento da aplicação pudesse de fato ser iniciada, foi feito um estudo sobre quais linguagens de programação o leitor adquirido IF61, da Intermec, suporta para desenvolvimento. A arquitetura aberta dos produtos da Intermec permite aos desenvolvedores a construção de softwares utilizando ferramentas de desenvolvimento padrões, como o Microsoft Visual Studio, e linguagens de programação padrões, como C/C++, C#/VB.NET e Java (INTERMEC, 2007). A figura 7 contém informações sobre os softwares de desenvolvimento para os computadores Intermec, com as linguagens que podem ser utilizadas em cada caso. Identifica-se que qualquer linguagem de programação poderia ser escolhida dentre todas as possíveis, para implementação utilizando o kit de recursos da Intermec para RFID.

	Tools for Use with these Development Languages			
	C/C++	C# / VB.NET	Java	Web+
Developing Software for Intermec Computers:				
Data Collection Get better run-time control of data collection peripherals connected to Intermec computers. Integrate and manipulate bar code data collected from scanners, collect data from magnetic-stripe card readers, capture pictures from imagers.	•	•	•	
Device Generate audio tones, control power and back-light settings, remap default keypad usage and control other device-specific features of Intermec computers.	•	•		•
Networking and Communications Utilize for run-time control of I/O ports and 802.11 radio, network and security settings of your Intermec computer.	•	•		
Bluetooth Enable/disable the Bluetooth radio. Discover, bond and communicate with Bluetooth peripherals such as scanners, printers and headsets.	•	•		
Mobile Printing Print receipts, reports and labels from Intermec computers to portable printers. Supports line and graphics printers as well as secure printing via Intermec's NPCP protocol.	•	•		
Mobile Gadgets Speed development of your mobile GUI with electronic ink capture for simple line drawings or signatures, formatted field input and user-friendly picture buttons.		•		
Device Management Get and set Intermec Settings configuration information via XML.	•	•	•	
Antares Migration Quickly migrate legacy applications developed with the Antares PSK and EZBuilder to Intermec computers. Just recompile in Visual Studio and run.	•			
RFID Integrate RFID readers into your supply chain solutions. This kit includes the RFID legacy APIs and the RFID BRI specifications.	•	•	•	•

Figura 7 – Softwares de desenvolvimento do Intermec

Com base nestas informações e na arquitetura do sistema, a linguagem de programação escolhida foi o C#. Isto se deve ao fato de a integração com o banco de dados, por meio do Visual Studio, ser relativamente simples, além de os componentes do grupo terem a preferência de fazer o desenvolvimento utilizando uma programação orientada a objeto, existente no C#.

A escolha natural do banco de dados, posteriormente à escolha da linguagem, foi o SQL Server, também da Microsoft. Isto também se deve à facilidade de integração entre o Visual Studio e o SQL Server.

5.3 Especificações do Algoritmo

Uma máquina de estados finita pode ser definida como uma sêxtupla $M = (S, I, O, \delta, \lambda, r)$. Nas máquinas do professor e do aluno, S representa o espaço de estados finito, I representa o espaço de entrada finito e O representa o espaço de saída finito. δ é a função próximo estado definida como $\delta : I \times S \rightarrow S$ em que $n \in S$ é o próximo estado do estado presente $p \in S$ na entrada $i \in I$ se e somente se $n = \delta(i, p)$.

λ é a função de saída definida como $\lambda : I \times S \rightarrow O$ em que $o \in O$ é a saída do estado presente $p \in S$ na entrada $i \in I$ se e somente se $o = \lambda(i,p)$. $r \in S$ representa o estado de restauração original (Kam et al., 1997).

Desta forma, a máquina de estados do professor pode ser definida conforme abaixo:

$S = \{S20, S21, S22, S23, S24, S26, S27, S28, S29\}$

$I = \{Dt, SP, IA, FA\}$

$O = \{S26, S27, S29\}$

$\delta = \{S20 \times Dt \rightarrow S20, S20 \times FA \rightarrow S20, S20 \times SP \rightarrow S23, \dots\}$

$\lambda = \{S21 \times FA \rightarrow S27, S22 \times IA \rightarrow S29, \dots\}$

$r = S20$

Conforme definição acima, segue na figura 8 o diagrama da máquina de estados para o professor:

Máquina de estados do professor

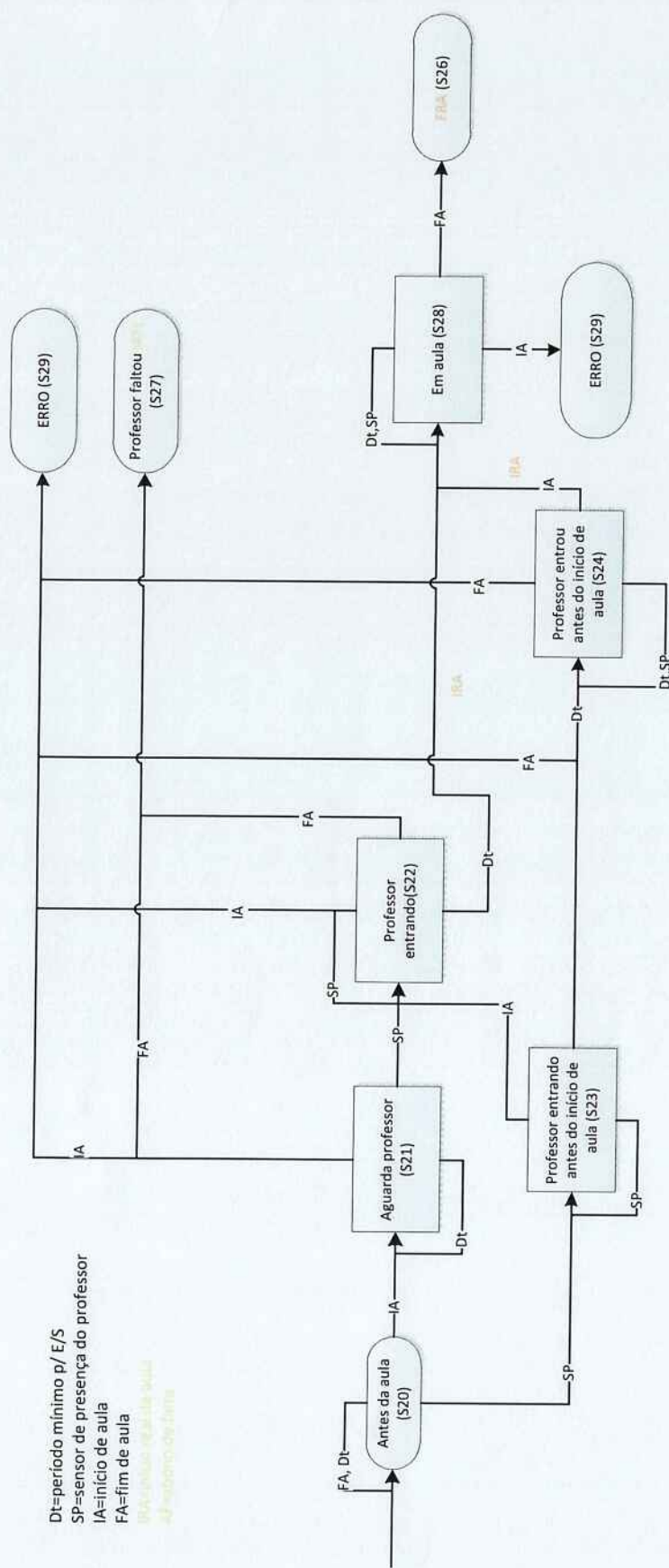


Figura 8 – Máquina de estados do professor

Usando o mesmo conceito descrito para a máquina de estados do professor, obteve-se uma sêxtupla para a máquina de estados do aluno. Pode-se observar abaixo o diagrama da máquina de estados do aluno dividido em duas partes, como pode ser observado nas figuras 9 e 10:

Máquina de estados do professor

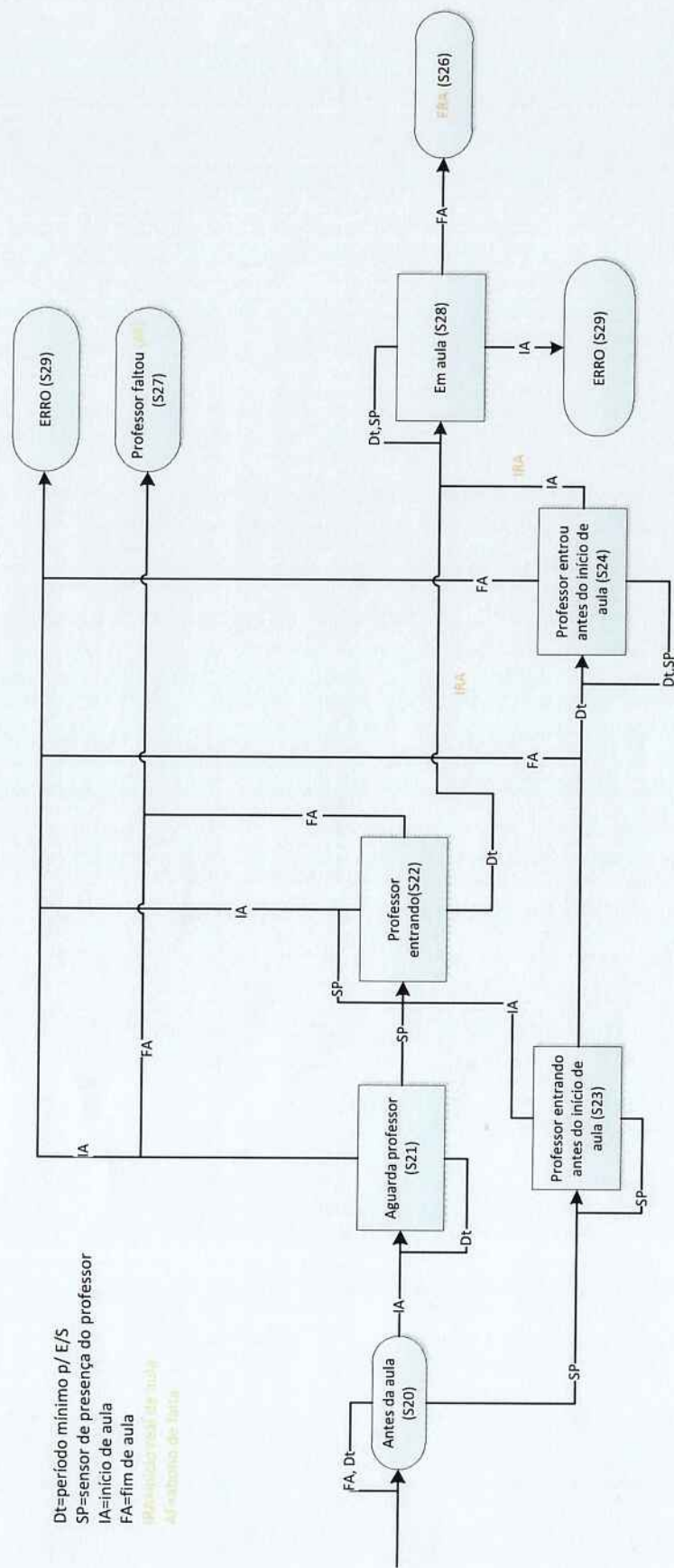


Figura 8 – Máquina de estados do professor

Usando o mesmo conceito descrito para a máquina de estados do professor, obteve-se uma sêxtupla para a máquina de estados do aluno. Pode-se observar abaixo o diagrama da máquina de estados do aluno dividido em duas partes, como pode ser observado nas figuras 9 e 10:

Máquina de estados do aluno

Dt=período mínimo p/ E/S
 SA=sensor de presença do aluno
 IRA=início real de aula
 FRA=fim real de aula
 AF=abono de falta
 TP=término do período letivo no dia

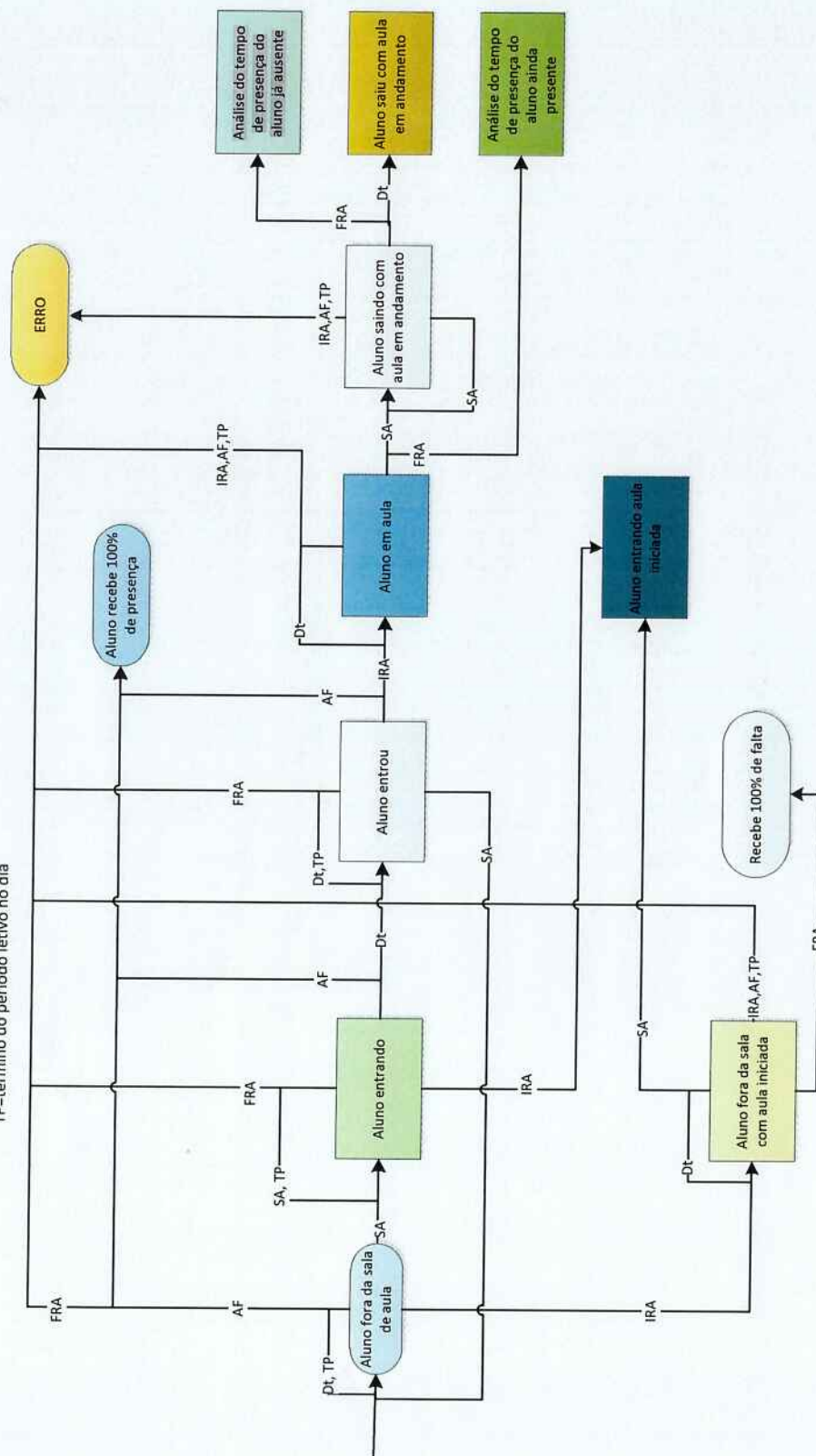


Figura 9 – Máquina de estados do aluno parte 1

Máquina de estados do aluno

Dt=período mínimo p/ E/S
 SA=sensor de presença do aluno
 IRA=início real de aula
 FRA=fim real de aula
 AF=abono de falta
 TP=término do período letivo no dia

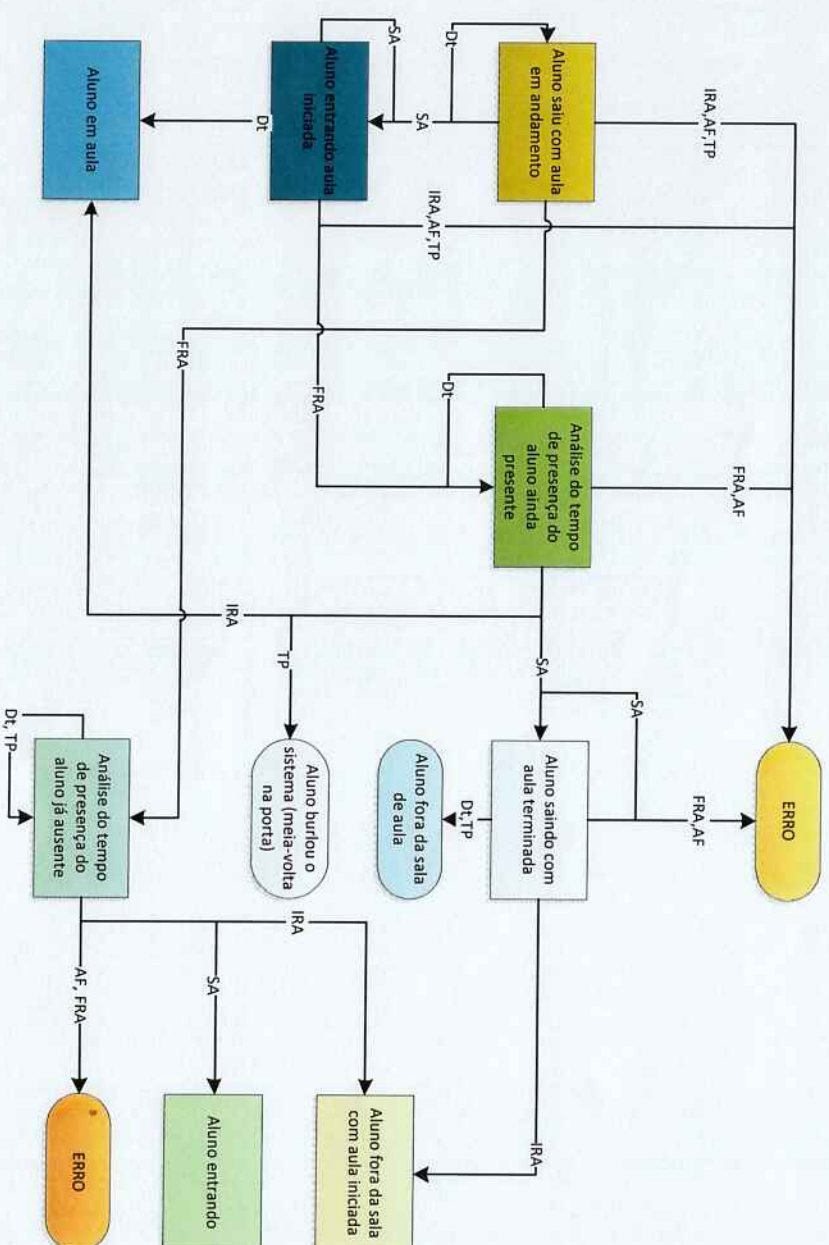


Figura 10 – Máquina de estados do aluno parte 2

.Os eventos possíveis para a máquina de estados do professor são:

- Dt: definido como o tempo mínimo para que o leitor de etiquetas RFID fique inativo, de forma a considerar uma única entrada ou saída em um período de aproximadamente 5 segundos;
- SP: definido como “sensor de presença do professor”, cujo evento é gerado pelo leitor IF61 ao notar uma etiqueta que se caracteriza como sendo de um professor;
- IA: foi definido como o evento gerado pelo início de uma aula conceitualmente, ou seja, o horário em que a aula deve ser iniciada de acordo com os registros do sistema, não levando em conta o fato de o professor estar presente ou não;
- FA: definiu-se como o evento gerado ao final de uma aula, da mesma forma que o evento IA.

Já os eventos possíveis para a máquina de estados do aluno são as seguintes:

- Dt: definido da mesma forma que para o professor;
- SA: definido como “sensor de presença do aluno”, cujo evento é gerado pelo leitor IF61 ao notar uma etiqueta que se caracteriza como sendo de um aluno;
- IRA: este evento é gerado pela máquina de estados do professor em dois momentos: quando o professor está entrando e recebe um evento “Dt”; ou se o professor entrou antes do início de aula e o evento “IA” é gerado, ou seja, a aula começou de acordo com o horário do sistema;
- FRA: também é gerado pela máquina de estados do professor, porém em uma única circunstância: quando o estado é “Em Aula” e o sistema nota que a aula terminou (evento “FA”);
- AF: evento gerado pela máquina de estados do professor de forma a conferir presença a todos os alunos matriculados naquela turma;
- TP: evento gerado ao término de um período, como o período matutino, para tratar o caso em que o aluno tenha burlado o sistema;

5.4 Arquitetura proposta

De acordo com os requisitos já definidos anteriormente pelo grupo, foi definida a arquitetura do sistema de monitoração e movimentação. Esta arquitetura pode ser analisada na figura 11.

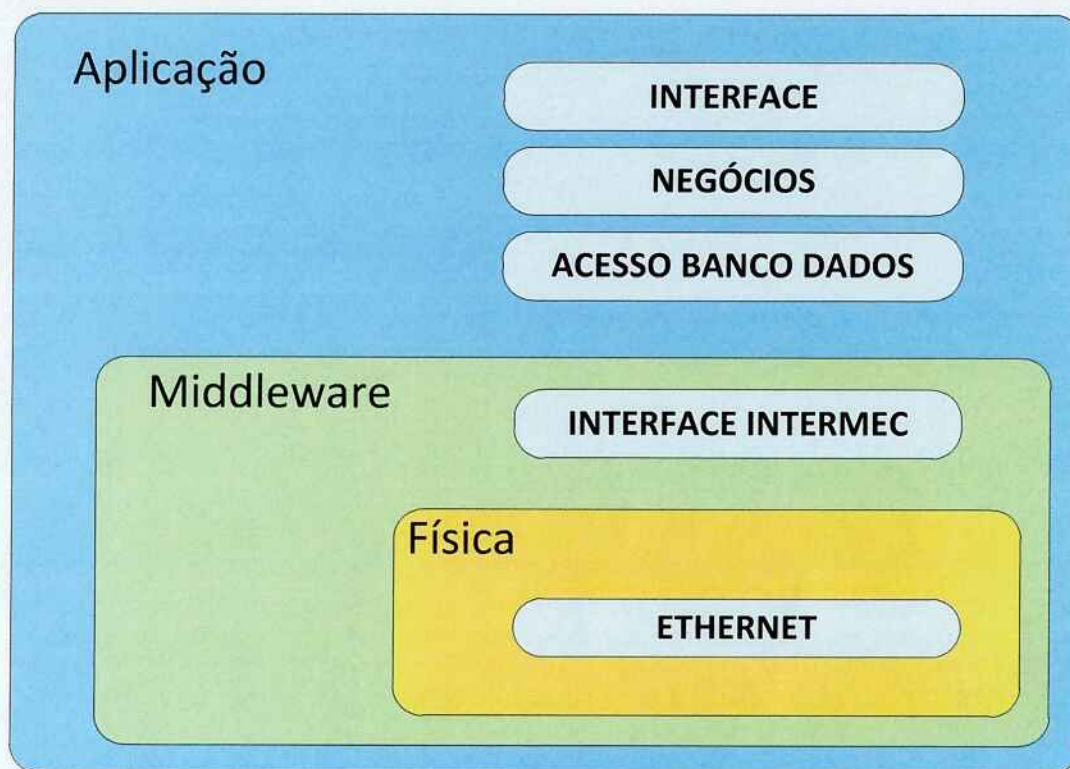


Figura 11 - Arquitetura de camadas

Como se nota, existem três camadas básicas: a camada de aplicação, a camada do middleware e a camada física. Na camada de aplicação, tem-se a interface do programa com o usuário final, passando depois por uma camada de negócios, responsável por cumprir com os requisitos especificados no projeto. Logo após, a camada de acesso ao banco de dados deve ser capaz de resgatar os dados contidos nas tabelas residentes nos servidores e também de enviá-las à camada superior.

No middleware, a interface do equipamento IF61 da empresa Intermec é utilizada com base na API contida para desenvolvimento, de forma a se ter uma visão apenas da camada TCP, ou seja, o equipamento faz toda a interface com a camada de enlace, ou Ethernet, no caso.

5.5 Implementação

Nesta seção serão discutidos detalhes sobre o sistema. Como já comentado anteriormente, a linguagem utilizada para desenvolvimento foi o C# e o banco de dados utilizado foi o SQL Server. Primeiramente, na seção 5.5.1, será detalhado como a concepção inicial foi traduzida em um diagrama de classes de forma a ser implementado em C#. Em seguida, na seção 5.5.2, será explicada a modelagem do banco de dados e a implementação no ambiente de desenvolvimento escolhido, de forma que estas duas partes, juntas, produzissem o resultado esperado.

5.5.1 Desenvolvimento do Sistema em C#

Com base na arquitetura proposta, nos requisitos identificados e no projeto como um todo, foi feita a divisão do sistema a ser implementado em módulos independentes. Assim, foram identificados dois módulos principais:

- Máquina de estados do professor e do aluno
- Escalador

O primeiro módulo se encarrega de fazer as transições de estado de acordo com os eventos gerados pelo próprio escalador (TP, IA, FA, etc). Já o escalador se encarrega de gerar os eventos do dia, conforme o horário, o dia da semana, a turma corrente em determinada sala, os alunos cadastrados em determinada turma, etc.

Estes dois módulos serão explicitados adequadamente nas próximas seções 5.5.1.1 e 5.5.1.2.

5.5.1.1 Máquinas de estados do professor e do aluno

As máquinas de estados foram implementadas na linguagem escolhida, o C#, de forma a ser criada uma dll (Dynamic-Link Library ou biblioteca de ligação dinâmica) de uso comum para o programa principal. O diagrama de classes correspondente às máquinas de estados do aluno e do professor se encontram na figura 12.

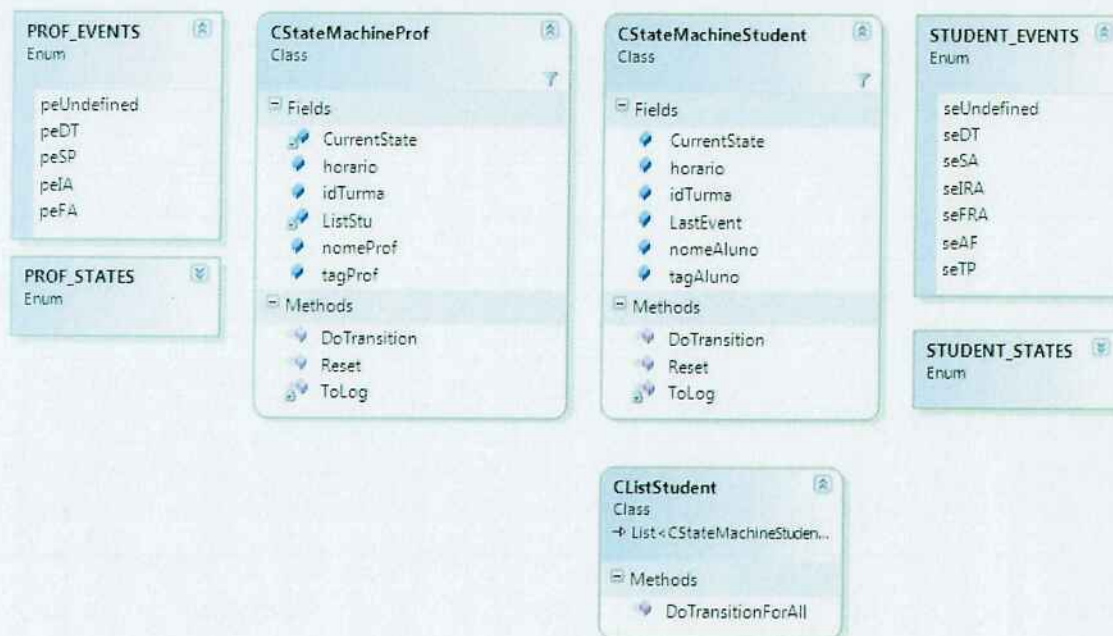


Figura 12 – Diagrama de classes do aluno e professor

O diagrama de classes contém as seguintes classes: `CStateMachineProf` (máquina de estados do professor), `CStateMachineStudent` (máquina de estados do aluno) e `CListStudent` (lista de alunos); e os seguintes enums (ou enumeradores): `PROF_STATES` (estados relativos à máquina de estados do professor), `STUDENT_STATES` (estados relativos à máquina de estados do aluno), `PROF_EVENTS` (eventos relativos à máquina de estados do professor) e `STUDENT_EVENTS` (eventos relativos à máquina de estados do aluno).

A classe `CStateMachineStudent` contém, basicamente, o campo `CurrentState`, que representa o estado atual em que a máquina de estados do aluno se encontra (dentre todos os estados possíveis de acordo com as figuras 9 e 10); e possui também o campo `LastEvent`, que representa o último evento ocorrido (dentre todos os eventos possíveis para a máquina de estados do aluno, conforme explicado em 5.3). Já os campos `horario`, `idTurma`, `nomeAluno` e `tagAluno` são utilizados quando se necessita atualizar as tabelas referentes ao estado do aluno para uma determinada aula. Além disso, possui o método `Reset`, que coloca a máquina em seu estado inicial; o método `DoTransition`, em que, dado um evento e um estado corrente, retorna o próximo estado; e o método `ToLog`, que carrega informações relevantes sobre a máquina de estados nas telas exibidas no programa.

Nota-se, pelo diagrama de classes, que a máquina de estados do professor, por sua vez, possui basicamente os campos `CurrentState`, que representa o estado atual em que a máquina de estados do professor se encontra (dentre todos os estados possíveis de acordo com a figura 8); e também possui o campo `ListStu`, que representa a lista de todas as máquinas de estados de alunos que devem ser alteradas sempre que um evento for gerado da máquina de estados do professor para todos os alunos daquela aula. Além desses campos, possui os mesmos métodos presentes na máquina de estados do aluno, porém com as características específicas do professor.

O enumerador `PROF_EVENTS` contém todos os eventos possíveis em uma máquina de estados do professor, portanto, conforme explicado em 5.3, possui os eventos: `peDT` (equivalente ao `Dt`), `peSP` (equivalente ao `SP`), `peIA` (equivalente ao `IA`) e `peFA` (equivalente ao `FA`) e um evento adicional `peUndefined`, que pode ser utilizado ao se criar uma variável e deve-se colocar um valor padrão. Da mesma forma, o enumerador `STUDENT_EVENTS` tem como base a seção 5.3 e possui todos atributos previstos.

O enumerador `PROF_STATES` contém todos os estados possíveis em uma máquina de estados do professor, conforme definido anteriormente. Igualmente, o enumerador `STUDENT_STATES` possui todos os estados referentes à máquina de estados do aluno, conforme também já definido.

Adicionalmente, a classe `CListStudent` é criada no momento em que se instancia uma máquina de estados para o professor, de forma que se tenha todos os alunos matriculados regularmente na aula referida. O método `DoTransitionForAll` é utilizado quando a máquina de estados do professor gera um evento para todas as máquinas de estados dos alunos matriculados na aula em questão.

5.5.1.2 Escalador

O escalador foi criado, basicamente, para gerar os eventos de acordo com o que está cadastrado no banco de dados, ou, no caso da leitura das etiquetas feita pelo leitor, capturar o evento gerado e processá-lo. Assim, foi feito o diagrama de classes como segue na figura 13.

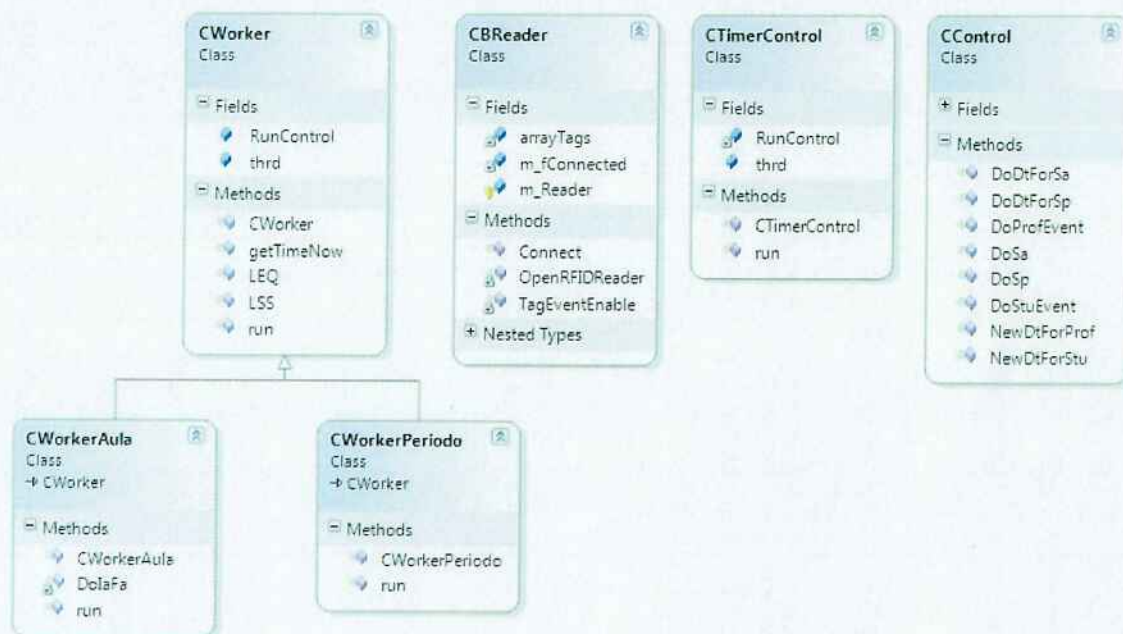


Figura 13 - Diagrama de classes do Escalador

Neste diagrama de classes, foram separados os eventos que se desejava gerar: sensor de presença do professor e do aluno (SP e SA), início e fim de aula (IA e FA), término de período (TP) e o tempo mínimo entre leitura de etiquetas de forma que o leitor fique inativo (Dt). Primeiramente, a classe CControl possui os campos necessários para uso comum no programa, bem como deve ser capaz de gerar o evento Dt. Também possui todas as tabelas instanciadas do banco de dados no programa.

Já a classe CWorker consiste basicamente em uma thread capaz de realizar certos métodos, como LEQ (que retorna verdadeiro se a diferença entre dois horários for menor ou igual a zero), LSS (que retorna verdadeiro se a diferença entre dois horários for menor do que zero) e a função getTimeNow (que retorna o horário corrente do sistema). Além disso, possui a função run (que coloca a thread em processamento) e o construtor da classe.

Mas esta classe ainda é pai de outras duas: CWorkerAula e CWorkerPeríodo. A primeira se encarrega de gerar os eventos IA e FA para as máquinas de estados de cada professor relativo àquela determinada aula. Já a classe CWorkerPeríodo se encarrega de gerar o evento TP para as máquinas de estados de cada aluno de forma adequada.

A classe CReader tem a função de se conectar aos leitores ligados ao sistema e capturar os eventos referentes à leitura de etiquetas. Nesse caso, os eventos gerados por esta classe são SP e SA, que posteriormente também são passadas ao CControl.

Finalmente, a classe CTimerControl é capaz de gerar o evento Dt, finalizando assim todas as possibilidades de eventos a serem gerados para que o sistema funcione como desejado.

5.5.2 Desenvolvimento do Banco de Dados

A figura 14 a seguir demonstra o diagrama entidade-relacionamento feito no SQL Server de acordo com a modelagem inicial, porém com algumas tabelas extras, pois antes da implementação não é possível ter uma ideia tão concreta do que será preciso e efetivamente utilizado para que tudo funcione de acordo.

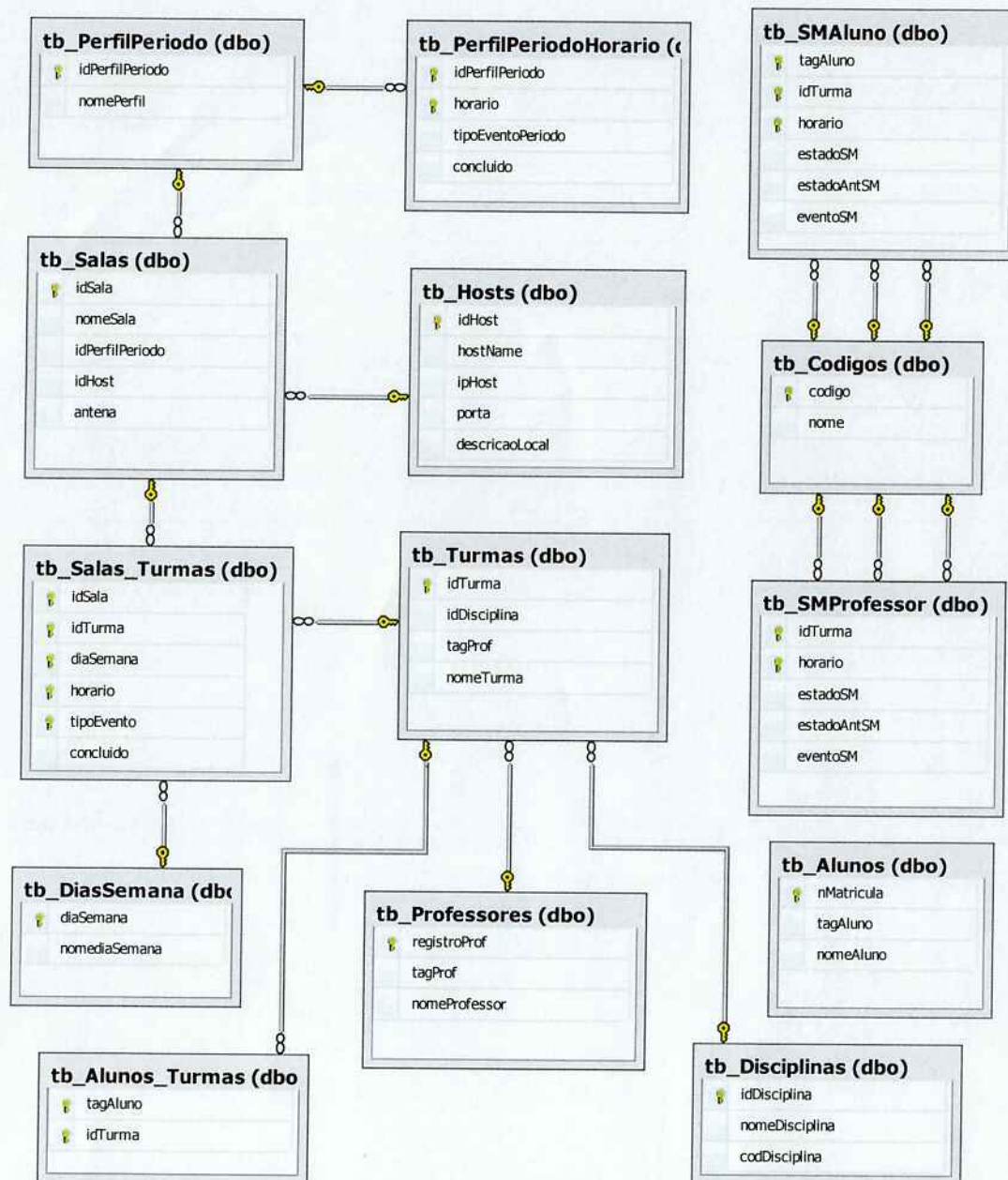


Figura 14 – Diagrama entidade-relacionamento das tabelas do sistema

Cada tabela tem sua funcionalidade dentro do sistema, de forma que as mais importantes serão explicitadas a seguir.

A tabela `tb_PerilPeríodoHorário` provê os horários de início e término de período para cada perfil existente. Ou seja, se uma determinada sala (em `tb_Salas`) possui o perfil de horário das 08:00hs às 12:00hs (significando que neste período normal se tem aulas), deve-se ter o horário 08:00hs associado a um tipo de evento IP (início de período) e o horário das 12:00hs associado a um tipo de evento TP

(término de período). Além disso, também foi criado um evento AD que, ao ser lido, às 04:00hs todos os dias, cria a agenda diária de aulas, professores associados às aulas e alunos correspondentes para cada turma.

A tabela tb_Salas contém, para cada sala, um perfil de período associado e uma ou mais antenas conectadas fazendo a leitura das etiquetas. A tabela tb_Hosts, por sua vez, contém dados sobre os leitores IF61, como o IP e a porta associada.

A tabela tb_SalasTurmas contém todos os dados sobre as turmas que devem ter aula em determinada sala, em qual horário e em qual dia da semana. No caso de a aula ter início às 08:20hs, por exemplo, o tipo de evento associado será um IA (início de aula), e caso contrário, se a aula terminar às 08:20hs, o evento associado será um FA (fim de aula).

Já a tabela tb_Turmas contém dados sobre cada turma em específico, ou seja, cada uma delas com um determinado professor e uma disciplina característica.

Também foi criada uma tabela de cadastro com todos os professores e outra com todos os alunos (tb_Professores e tb_Alunos). Os professores precisam estar associados a alguma turma, porém os alunos não. O sistema prevê que os alunos já têm matrícula regular na instituição, de forma que o cadastramento das etiquetas deveria ser feito posteriormente. Porém, para cada professor, seria imprescindível que existisse uma etiqueta cadastrada para cada um, já que isto é necessário para o funcionamento adequado do sistema.

Com essas tabelas e algumas outras auxiliares, como as tabelas tb_SMAluno e tb_SMPProfessor (capazes de armazenar o estado corrente, o estado anterior e o evento gerador desta transição), foi possível se construir um banco de dados sólido e íntegro, de forma que houvesse consistência dos dados armazenados.

6 TESTES E AVALIAÇÃO

Para que o sistema funcionasse da forma esperada e fosse minimizada a ocorrência de erros, os testes foram divididos em partes e em etapas. Todos estes testes foram elaborados e realizados no decorrer da implementação.

6.1 Descrição geral dos testes

Seguem na tabela 2 abaixo os testes realizados durante o projeto e a dificuldade encontrada em cada uma das situações.

Tabela 2 - Sequências de testes realizados

Testes Realizados	Dificuldade
Conexão equipamento	Baixa
Leitura das etiquetas	Baixa
Interface de conexão	Média
Modelagem das máquinas de estado	Média
Desenvolvimento do banco de dados	Média
Integração com o banco de dados	Alta
Integração equipamento com interface final	Alta

Durante todo o projeto foram executados testes em cada unidade do sistema.

- Com o equipamento em mãos o primeiro teste realizado visava compreender a conexão com o dispositivo.
- Em seguida foram realizados testes envolvendo a leitura das etiquetas RFID. Para esse teste foi desenvolvida uma interface que estabelecia uma conexão com o equipamento e listava todas as etiquetas lidas por ele.
- Durante e após a modelagem das máquinas de estado, também foram desenvolvidas interfaces de testes para cada máquina de estado.
- Posteriormente foi desenvolvida uma interface que testava todas as máquinas de estado conectadas por eventos.

Na próxima seção, encontram-se descrições dos testes mais detalhados do sistema já integrado com o banco de dados, porém ainda sem a interface final que

gera os eventos relativos à leitura das etiquetas pelas antenas (esta divisão em módulos facilitou a integração com os leitores de etiquetas, considerando que estes apenas fazem o envio da identificação contida nas etiquetas, ou seja, o sistema fica completamente independente do leitor que está sendo utilizado).

6.2 Testes de funcionamento do sistema

Após o término do desenvolvimento do banco de dados do sistema, foi criado um link de conexão para que as informações das aulas, alunos e professores pudessem ser utilizadas como parâmetros para gerar relatórios de presença.

Antes do início de cada semestre letivo o sistema acessa o banco de dados para carregar informações referentes às salas onde as antenas se encontram, assim como suas respectivas aulas durante o dia. Com estas informações é possível buscar os alunos matriculados nas disciplinas e dessa forma monitorar se tais alunos frequentaram às aulas.

O programa fez a junção do que foi explicado na seção 5.5.1 e 5.5.2, de forma a utilizar os dados provenientes do banco de dados e apresentá-los aos usuários do sistema.

A figura 15 se refere ao programa de controle antes do início de um período, porém já em um momento em que o evento AD (agenda diária) foi concluído (note que a hora atual do sistema é 04:27hs). Isto significa que às 04:00hs o escalador foi capaz de gerar este evento internamente e constar que durante o dia, três professores deveriam dar aula e seis alunos deveriam assisti-las (como se observa no quadro “Outros controles” em “Agenda do dia”).

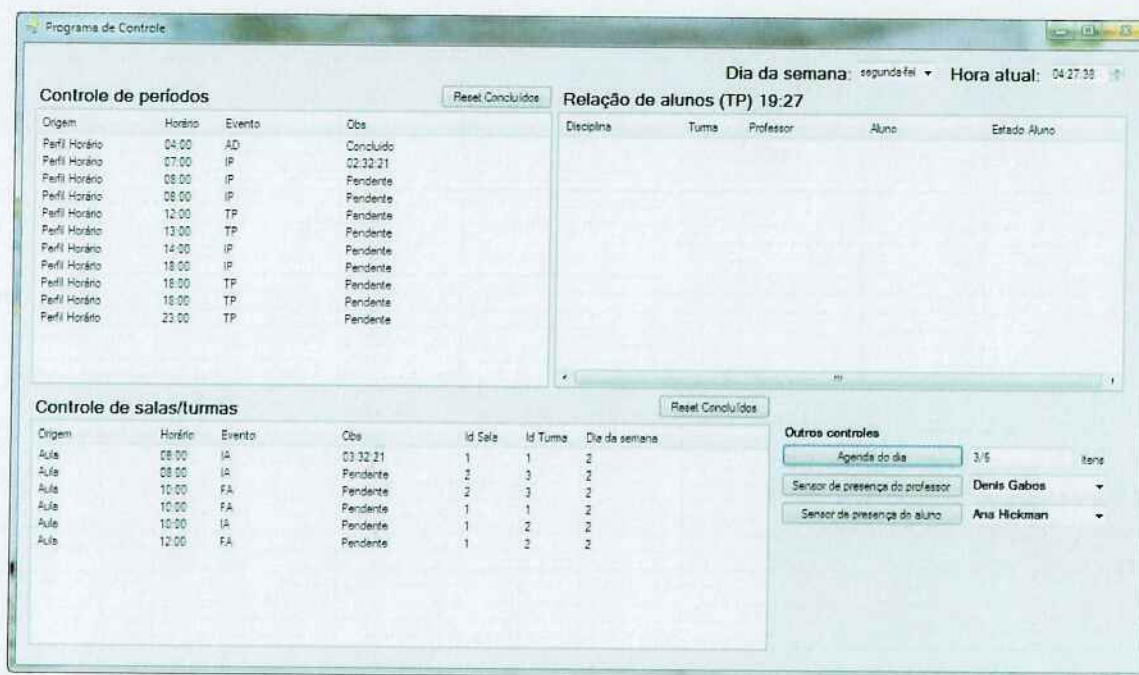


Figura 15 - Programa de controle antes do início de período

A figura 16 retrata o que acontece posteriormente, às 08:45hs, quando o sistema já gerou um IA (início de aula). Por esse motivo, na relação de alunos são exibidos dois alunos e um professor, sendo que o estado do aluno também está atualizado conforme o banco de dados. Neste caso, foi feito o teste de o aluno "Fausto Silva" entrar na sala de aula (conforme se confere na figura). Ainda é interessante salientar que o aluno ainda não está em aula, já que o professor não se encontra dentro da sala de aula (neste caso o aluno entrou antes de a aula efetivamente começar).

Programa de Controle

Dia da semana: segunda-feira Hora atual: 08:45:45

Controle de períodos

Reset Concluídos

Origem	Horário	Evento	Obs
Perfil Horário	04:00	AD	Concluído
Perfil Horário	07:00	IP	Concluído
Perfil Horário	08:00	IP	Concluído
Perfil Horário	08:00	IP	Concluído
Perfil Horário	12:00	TP	03.14.12
Perfil Horário	13:00	TP	Pendente
Perfil Horário	14:00	IP	Pendente
Perfil Horário	18:00	IP	Pendente
Perfil Horário	18:00	TP	Pendente
Perfil Horário	18:00	TP	Pendente
Perfil Horário	23:00	TP	Pendente

Relação de alunos (IA), João José Neto: Início de aula(ev), 08:42

Disciplina	Turma	Professor	Aluno	Estado Aluno
Introdução a Redes d...	Turma3	João José Neto	Fausto Silva	Aluno Entrou(est)
Introdução a Redes d...	Turma3	João José Neto	Henrique Seiji	Aluno Fora da Sala(est)

Controle de salas/turmas

Reset Concluídos

Origem	Horário	Evento	Obs	Id Sala	Id Turma	Dia da semana
Aula	08:00	IA	Concluído	1	1	2
Aula	08:00	IA	Concluído	2	3	2
Aula	10:00	FA	01.14.12	2	3	2
Aula	10:00	FA	Pendente	1	1	2
Aula	10:00	IA	Pendente	1	2	2
Aula	12:00	FA	Pendente	1	2	2

Outros controles

Agenda do dia 3/5 itens

Sensor de presença do professor João José Neto

Sensor de presença do aluno Fausto Silva

Figura 16 - Programa de controle após IA

Abaixo, na figura 17, está sendo testado o caso em que o professor entra na sala de aula, porém o sistema já havia enviado um IA (início de aula). Neste caso, o professor "João José Neto" teve seu estado alterado para "Em Aula", conforme se verifica nessa figura.

Programa de Controle

Dia da semana: segunda-feira Hora atual: 08:46:39

Controle de períodos

Reset Concluídos

Origem	Horário	Evento	Obs
Perfil Horário	04:00	AD	Concluído
Perfil Horário	07:00	IP	Concluído
Perfil Horário	08:00	IP	Concluído
Perfil Horário	08:00	IP	Concluído
Perfil Horário	12:00	TP	03.13.21
Perfil Horário	13:00	TP	Pendente
Perfil Horário	14:00	IP	Pendente
Perfil Horário	18:00	IP	Pendente
Perfil Horário	18:00	TP	Pendente
Perfil Horário	18:00	TP	Pendente
Perfil Horário	23:00	TP	Pendente

João José Neto: Em Aula(est)

Disciplina	Turma	Professor	Aluno	Estado Aluno
Introdução a Redes d...	Turma3	João José Neto	Fausto Silva	Aluno Em Aula(est)
Introdução a Redes d...	Turma3	João José Neto	Henrique Seiji	Aula Fora da Sala Com A...

Controle de salas/turmas

Reset Concluídos

Origem	Horário	Evento	Obs	Id Sala	Id Turma	Dia da semana
Aula	08:00	IA	Concluído	1	1	2
Aula	08:00	IA	Concluído	2	3	2
Aula	10:00	FA	01.13.21	2	3	2
Aula	10:00	FA	Pendente	1	1	2
Aula	10:00	IA	Pendente	1	2	2
Aula	12:00	FA	Pendente	1	2	2

Outros controles

Agenda do dia 3/5 itens

Sensor de presença do professor João José Neto

Sensor de presença do aluno Fausto Silva

Figura 17 - Programa de controle com professor e aluno em aula

Na figura 18 abaixo, é testado o caso em que o aluno estava em aula (ou seja, dentro da sala), porém saiu antes do término (que é dado pelo horário definido no banco de dados). Nota-se que o aluno, neste caso, “Fausto Silva”, teve seu estado alterado para “Aluno Saiu Com Aula”.

Controle de períodos

Origem	Horário	Evento	Obs
Perfil Horário	04:00	AD	Concluído
Perfil Horário	07:00	IP	Concluído
Perfil Horário	08:00	IP	Concluído
Perfil Horário	08:00	IP	Concluído
Perfil Horário	12:00	TP	03:08:41
Perfil Horário	13:00	TP	Pendente
Perfil Horário	14:00	IP	Pendente
Perfil Horário	16:00	IP	Pendente
Perfil Horário	18:00	TP	Pendente
Perfil Horário	18:00	TP	Pendente
Perfil Horário	23:00	TP	Pendente

João José Neto: Em Aula(est)

Disciplina	Turma	Professor	Aluno	Estado Aluno
Introdução a Redes d...	Turma3	João José Neto	Fausto Silva	Aluno Saiu Com Aula(est)
Introdução a Redes d...	Turma3	João José Neto	Henrique Seiji	Aula Fora da Sala Com A...

Controle de salas/turmas

Origem	Horário	Evento	Obs	Id Sala	Id Turma	Dia da semana
Aula	08:00	IA	Concluído	1	1	2
Aula	08:00	IA	Concluído	2	3	2
Aula	10:00	FA	01:08:41	2	3	2
Aula	10:00	FA	Pendente	1	1	2
Aula	10:00	IA	Pendente	1	2	2
Aula	12:00	FA	Pendente	1	2	2

Outros controles

Agenda do dia: 3/5 itens

Sensor de presença do professor: João José Neto

Sensor de presença do aluno: Fausto Silva

Figura 18 - Programa de controle com aluno fora da sala de aula

A figura 19 se refere à tela criada para cadastrar as etiquetas RFID dos alunos já matriculados na instituição. Esse teste foi concluído ao final da implementação pois foi observado que o cadastro de alunos seria um evento recorrente no dia a dia. Com isso, a tarefa de cadastrar alunos pode ser executada por qualquer pessoa, não necessitando de conhecimentos técnicos da linguagem de banco de dados (SQL). Porém, conforme já especificado no item 3.3, apenas alguns usuários têm permissão para essa funcionalidade.

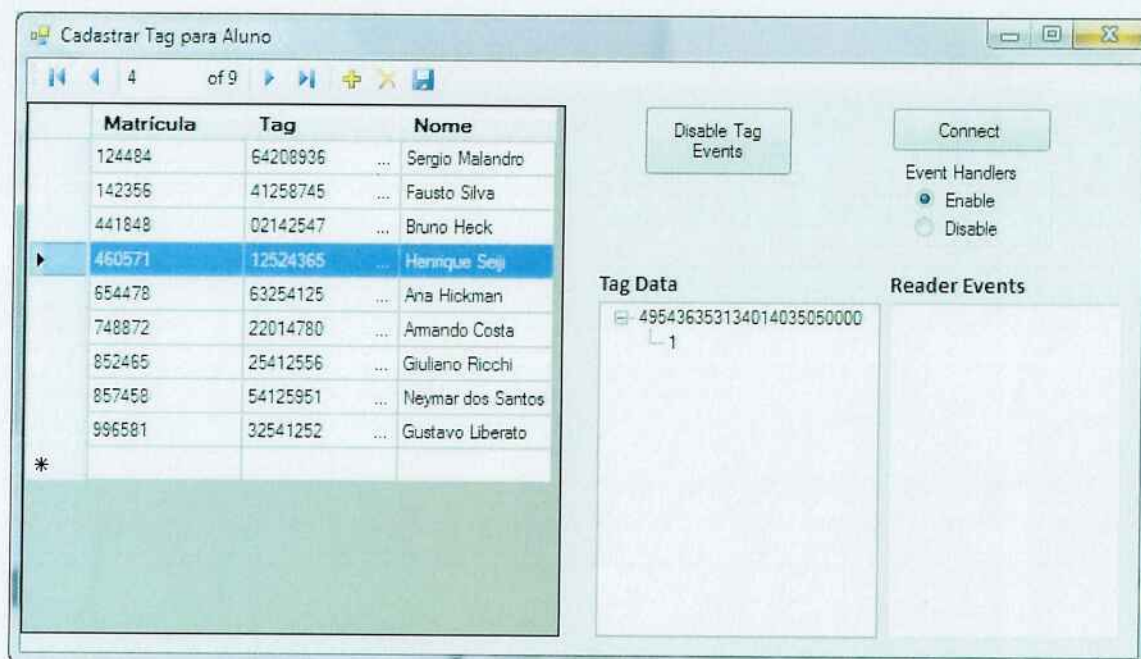


Figura 19 – Interface de cadastro das etiquetas para o aluno

Da mesma forma que foi feito para cadastrar as etiquetas para os alunos, também foi feito o cadastramento para os professores. Esta parte também foi testada e apresentou desempenho satisfatório.

Além disso, muitos outros testes foram feitos da mesma forma que este pequeno demonstrativo. Entretanto, não há necessidade de explicitá-los um a um neste documento, visto a complexidade do diagrama de estados das máquinas modeladas.

7 RESULTADOS OBTIDOS

O capítulo de resultados é dividido nos subitens 7.1, 7.2 e 7.3.

Em 7.1, Estudo e Pesquisa, são descritos de que forma foram agregados valores teóricos ao projeto e como contribuíram para o mesmo, da mesma forma em 7.2, Resultados da Implementação, são descritos resultados que descrevem o desempenho do sistema. Por último, em 7.3, A Equipe, é feita uma descrição do ganho de conhecimento e experiência atingidos pelo grupo durante o projeto.

7.1 Estudo e Pesquisa

A parte teórica do projeto está embasada em estudos e teorias publicadas sobre RFID, sendo que a pesquisa foi fundamental para o bom andamento do projeto.

As pesquisas foram direcionadas a livros de autores renomados no assunto e a consultas a documentações oficiais dos equipamentos, bem como a documentações referentes aos protocolos utilizados.

Aprender a fazer pesquisas em fontes confiáveis poupando tempo foi um dos grandes aprendizados ao longo do projeto, e conseguir colocar em prática este aprendizado ainda durante o projeto foi fundamental para se obter êxito.

7.2 Resultados da Implementação

Os resultados obtidos com a implementação ocorreram de acordo com o esperado. A máquina de estados funcionou de forma alinhada com a modelagem elaborada, assim como no algoritmo desenvolvido, que foi possível verificar o seu funcionamento através das informações obtidas na interface de consulta.

Foram observados também, através de simulações executadas pela equipe, os possíveis gargalos do sistema.

A modelagem do sistema foi elaborada de modo a diminuir ao máximo a quantidade de acessos ao banco de dados. Todos os dias em um horário

determinado (no projeto este horário foi definido às 04:00hs), o sistema consulta as tabelas buscando as informações necessárias para o processamento de entradas e saídas de acordo com o algoritmo do sistema. Esses acessos ao banco de dados durante o dia poderiam prejudicar o desempenho caso o sistema comporte um número muito grande de disciplinas cadastradas.

Outro ponto importante a se destacar é a configuração mínima requisitada para o servidor de aplicação. Na prova de conceito foi utilizado um computador pessoal como servidor, o que valida a demonstração do projeto, pois é monitorado apenas um ambiente, mas em um sistema geral que engloba diversos ambientes simultaneamente, este problema pode ser considerado crítico (haveria necessidade de uma capacidade computacional maior).

7.3 A Equipe

Além das contribuições práticas o projeto agregou muito para as nossas formações, tanto acadêmicas quanto pessoais. Um projeto desse porte, que envolve diversos setores da engenharia, ensina de maneira realista como enfrentar muitas das dificuldades do mercado de trabalho.

Na formação acadêmica pode-se citar o grande aprendizado em tecnologias altamente empregadas no mercado de trabalho, como o RFID e a integração entre um ambiente C# e um banco de dados SQL Server.

Quanto à formação pessoal vale destacar o aprendizado sobre trabalho em grupo. Dividir as tarefas de acordo com as maiores aptidões de cada um e saber respeitar o tempo e o momento de cada integrante eram desafios no começo. Hoje são considerados obstáculos vencidos.

Dessa forma, o sentimento predominante ao final do projeto é de um maior preparo de cada integrante nas batalhas do dia a dia.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesta última parte são feitas algumas considerações sobre as contribuições obtidas com essa pesquisa, além de sugestões para futuros trabalhos que podem ser desenvolvidos com base nesse sistema de monitoração e movimentação.

8.1 Contribuições do Projeto

O desenvolvimento deste projeto contribuiu para que novas formas de monitoração integradas com tecnologias modernas pudessem ser empregadas. Também foi observada a inexistência de sistemas de monitoração deste tipo no mercado, possibilitando que este projeto possa ser desenvolvido e lançado comercialmente.

8.2 Trabalhos Futuros e Possíveis Aplicações

Durante o desenvolvimento do projeto, outras ideias surgiram, porém não se adequaram ao escopo inicial. Com o cronograma já definido, possíveis aplicações foram relatadas e nesta seção serão listadas e comentadas algumas das ideias propostas pelos integrantes da equipe.

- A interface de consulta do professor pode ser modificada e customizada de acordo com a preferência do coordenador do curso. Pode-se disponibilizar tais interfaces também na Internet, não restringindo o acesso apenas a partir da faculdade.
- Além do cadastro dos alunos, poderá ser feito o cadastro dos pais ou responsáveis, para que estes verifiquem a frequência de seus filhos nas aulas.
- Em tempo real existe a possibilidade de verificar se determinado aluno está dentro ou fora da sala de aula.

- O sistema pode se tornar dinâmico e interagir em tempo real com o professor. Um exemplo prático seria a identificação de algum aluno que passou pela porta com os sensores portando mais de uma etiqueta de identificação. O sistema reconheceria esse evento e imediatamente enviaria por mensagem de texto o nome dos alunos que supostamente passaram todos de uma vez. A partir disso o professor teria o conhecimento do fato, e caberia a ele tomar a atitude que considerasse correta. Como solução deste problema, o professor poderia fazer a chamada apenas para estes alunos ou conferir quantas pessoas estão presentes no ambiente.
- O sistema poderia integrar a monitoração de diferentes ambientes, como por exemplo, a biblioteca, integrando-se ao sistema de monitoração dos livros, tornando todo o processo de locação de livros também automático.
- O sistema poderia monitorar os laboratórios acadêmicos com controle de presença e permanência restritas a pessoas autorizadas. Esta monitoração poderia ser integrada com os equipamentos do laboratório em instituições públicas, que geralmente causam muita preocupação pois agregam um grande valor financeiro.
- O professor poderia sair da sala de aula e este evento ser considerado como um fim de aula, porém isso não foi feito para possibilitar o livre trânsito do professor em sala de aula e entre salas também.

9 LISTA DE REFERÊNCIAS

Apostila Show Day Cloud Computing . FIT - Faculdade Impacta Tecnologia, 2010.

BARTLE, P. What monitoring is. 8 Maio 2003. Disponível em: <<http://www.scn.org/cmp/modules/mon-wht.txt>> . Acesso em 14 nov. 2010.

IDTecEx. Disponível em <http://www.idtechex.com/research/articles/an_introduction_to_epc_gen_2_tags_00000168.asp> . Acesso em 03 dezembro 2010.

INTERMEC. ABCs of RFID: Understanding and using radio frequency identification. 2007. pag4.

INTERMEC. Developer Resource Kits. 2007.

INTERMEC. Model IM5 & IF4 865 MHz Compliance Insert. 1999. pag8.

INTERMEC. RFID Tags and media. 2007. pag4.

ISSN 1677-7069, Diário Oficial da União, seção 3, n214, 10 Novembro 2009, pag 12.

KAM, T. Synthesis of Finite State Machines: Functional Optimization. Kluwer Academic Publishers, Boston 1997. ISBN 0-7923-9842-4. cap 2.1 definição 2.11. pag 17.

SHEPARD, S. RFID Radio Frequency Identification, parte 1, pag42.

TAURION, C. Cloud Computing - Computação em Nuvem, Brasport, 2009. 288p. pag 2.

WESLEY, A., Software Engineering 7th Edition, pag122.

ANEXO A – Informações referentes ao leitor IF61

A1 Informações de Segurança Sobre o Equipamento IF61

O equipamento IF61 atende aos requisitos da IEEE C95.1, do Escritório Federal de Engenharia e Tecnologia da Comissão de Comunicações (OET) Boletim 65, e aos limites de exposição a radiação estabelecidos no Canadá RSS-102 por ambiente não controlável.

O leitor RFID do projeto deve ser utilizado seguindo as recomendações fornecidas, no qual atende às diretrizes de exposição à radio frequência quando utilizado com os acessórios Intermec fornecidos ou destinados a este produto. O uso de outros acessórios pode resultar em não conformidade com as diretrizes de exposição à radio frequência (INTERMEC, 2007).

Os usuários finais devem seguir as instruções operacionais específicas para satisfazer as normas de conformidade, conforme abaixo:

- Os usuários deste dispositivo devem manter uma distância mínima de 23 cm da antena. Enquanto este dispositivo estiver ligado, o corpo e as partes do corpo do usuário, como os olhos, mãos ou cabeça, devem permanecer a 23 cm, ou mais, de distância da cobertura da antena.
- A antena não deve ser tocada durante o funcionamento do transceptor.

A2 Especificações do Equipamento IF61

Nesta seção são descritas as características referentes ao leitor IF61.

- Dimensões: 324mm de comprimento, 226mm de profundidade, 108mm de altura e 2.55kg de peso;
- Alcance de frequência: 865, 869, 915 and 950 MHz;
- Temperatura de operação: -25°C to 55°C;
- Temperatura de armazenamento: -30°C to 75°C;

- Umidade: 10% a 90%;
- Proteção ambiental: em conformidade com o IP54;
- Vibração e proteção de choque: MIL-PRF 2880F, Class 2;
- Conector: Ethernet, 802.3 com fio, 802.11g opcional;
- Certificações: FCC, ETSI;
- Acessórios: cabos de energia, antena, cabos da antena e disco rígido interno.

A3 BRI Reader

Nesta seção será definida a arquitetura do *BRI Reader (Basic Reader Interface)* para o uso com leitores de RFID da Intermec. O BRI é um script de linguagem de programação para RFID que foi desenvolvida para melhorar a produtividade dos programadores e para diminuir o tempo gasto com o desenvolvimento de aplicações deste tipo. Através do BRI Reader é possível escrever programas que se comuniquem com os equipamentos de RFID da Intermec. Pode-se configurar os controles e parâmetros para a leitura, definir os disparadores de eventos e realizar as operações com as etiquetas RFID.

A4 Características Gerais da Arquitetura BRI

A arquitetura BRI atende a esses critérios de projeto:

- Oferece somente um conjunto de comandos ASCII. Os comandos são legíveis;
- Fornece um simples comando/resposta de operações, e de eventos de mensagens assíncronas;
- Permite a apresentação de uma variedade de interfaces físicas, tais como serial, Bluetooth e Ethernet;
- Permite a configuração do propósito geral da interface de entrada e de saída (GPIO) de um leitor;
- Contém um conjunto de comandos que são flexíveis para acomodar variações do leitor específico. E também para permitir futuras expansões e aplicações para o leitor.

A5 Palavras reservadas para comandos do BRI Reader

A Tabela 3 e a Tabela 4 listam os comandos do BRI Reader.

Tabela 3 - Tabela de comandos do BRI Reader

Keyword	Description
ATTRIBUTE or ATTRIB	Reads or sets RFID reader attributes.
BRIVER	Returns the BRI specification version or feature level supported by reader or module.
CAPABILITIES or CAP	Returns the capabilities of the RFID reader.
DIAGNOSTICS or DIAG	Determines certain runtime characteristics of an RFID reader.
ERASE	Allows you to perform a block erase of an EPC Gen 2 tag.
FACDFLT	Sets factory default values for attributes.
HELP	Lists all BRI commands supported by the reader.
HWCC	Returns the country code of the reader.
HWID	Returns a unique identifier that represents the reader hardware instance.
HWPROD	Returns the product name of the reader device.
HWREGION	Returns the region data for the reader device.
HWVER	Returns the board version level of the reader device.
KILLTAG	Supports the EPC Class 1 Gen 2 KILL operation.
LOCK	Maintains backward compatibility with previous BRI versions.
PING	Checks if a reader is available.
PLATDFLT	Returns your reader to the platform defaults.
PRINT	Displays the contents of a macro.
PROTECT	Allows you to turn memory access locks on or off.
R, RD, or READ	Reads information from one or more tags.
READGPI, RDGPI, RDGPIO, or READGPIO	Reads the current general purpose input port values.
REPEAT or RPT	Re-issues the last READ or WRITE command.
RESET	Causes the reader to execute a warm boot.

Fonte: Intermec – Basic Reader Interface

Tabela 4 - Tabela de comandos do BRI Reader (continuação)

Keyword	Description
SET	Creates, lists, and deletes macros.
SWVER	Returns the current firmware version.
TRIGGER or TRIG	Defines a trigger based on time or a general purpose I/O signal.
TRIGGERQ, TRIGQ, TRIGQUEUE, or TRIGGERQUEUE	Checks the trigger event queue for events that are currently stored.
TRIGGERREADY, TRGRDY, TRIGREADY, or TRIGGERRDY	Transitions the reader's event queue to the READY state; enables the asynchronous reporting of the oldest trigger event in the reader's event queue.
TRIGGERWAIT, TRIGW, TRIGWAIT, or TRIGGERW	This command is no longer available. Use TRIGGERREADY instead.
VERSION or VER	Displays the reader firmware version.
W, WR, or WRITE	Writes information to one or more tags.
WRITEGPO, WRGPO, WRGPIO, or WRITEGPIO	Writes the general purpose output values.

Fonte: Intermec – Basic Reader Interface

No projeto, o comando mais usado foi o ATTRIBUTE, importante para fazer a leitura de qual antena está sendo utilizada e com isto verificar o ambiente que está sendo monitorado.

ANEXO B – Protocolo EPC Gen2

O EPC (Electronic Product Code) GEN2 é um padrão de comunicação que visa levar em conta as diferenças regionais de frequência em diversos lugares do mundo. Seguem abaixo algumas especificações:

- Velocidade de operação: em relação às anteriores etiquetas EPC Classe 1, a geração 2 de etiquetas é capaz de gravar cerca de sete etiquetas por segundo (contra quatro etiquetas por segundo no primeiro caso) e ler cerca de 1.000 etiquetas por segundo (contra 300 etiquetas por segundo);
- Segurança: a etiqueta tem uma senha de 32 bits versus 8 bits; a memória e a leitura das etiquetas podem ser protegidas por senha, e têm uma característica que não pode ser revertida, uma vez acionada.

Existem três modos de operação interrogador para as etiquetas geração 2:

- Interrogador Modo Single (sem outros interrogadores presentes);
- Interrogador Multi Modo (até 49 interrogadores em 1 km quadrado);
- Interrogador Modo Denso (mais de 50 interrogadores em 1 km quadrado).

Estes são necessários para prevenir que os interrogadores interfiram uns com os outros. Nos modos Single e Multi, os interrogadores podem usar o espectro disponível para enviar e receber dados. No modo denso, sinais de interrogador são mantidos separados dos sinais da etiqueta. Isto pode ser considerado de uma forma simplificada como os interrogadores transmitindo em pulsos pares e as etiquetas respondendo em pulsos ímpares. Esta versão aborda os problemas de interferência com as versões anteriores. Os interrogadores podem detectar o número de interrogadores e mudar o modo de forma mais adequada, mas aqueles que tenham hardwares antigos e não suportam esta funcionalidade necessitarão ser substituídos - apenas um leitor que não siga em um ambiente denso pode causar problemas significantes de interferência.

O padrão Gen 2, no entanto, é um projeto mais completo em comparação com o conceito de uma simples leitura de etiqueta. No entanto, é uma condição necessária para superar as diferenças regionais e proporcionar uma solução robusta para a infra-estrutura RFID limitada atual. O RFID é uma tecnologia em evolução e, sem dúvida, em algum ponto a geração 3 se tornará o foco.

