

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

PATRÍCIA BAJO NOZU

**CONTRIBUIÇÃO AO PROJETO DE
AUTOMAÇÃO PREDIAL DE ÁREAS
HOSPITALARES ESPECÍFICAS**

São Carlos

2011

PATRÍCIA BAJO NOZU

CONTRIBUIÇÃO AO PROJETO DE AUTOMAÇÃO PREDIAL DE ÁREAS HOSPITALARES ESPECÍFICAS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
à Escola de Engenharia de São Carlos, da
Universidade de São Paulo

Curso de Engenharia Elétrica com ênfase em
Sistemas de Energia e Automação

ORIENTADOR: Prof. Dr. José Carlos Felizatti

São Carlos

2011

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Tratamento da Informação do Serviço de Biblioteca – EESC/USP

Nozu, Patrícia Bajo.
N992 Contribuição ao projeto de automação predial de áreas
hospitaisares específicas. / Patrícia Bajo Nozu ;
orientador José Carlos Felizatti -- São Carlos, 2011.

Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica com ênfase em Sistemas de Energia e Automação) -- Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2011.

1. Automação predial. 2. Sistemas eletrônicos. 3. Rede estruturada. 4. Áreas hospitalares. 5. UTI. 6. Centro cirúrgico. I. Título.

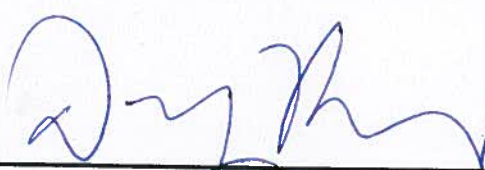
FOLHA DE APROVAÇÃO

Nome: Patrícia Bajo Nozu

Título: "Contribuição ao Projeto de Automação Predial de Áreas Hospitalares Específicas"

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado
em 21 / 11 / 2011,

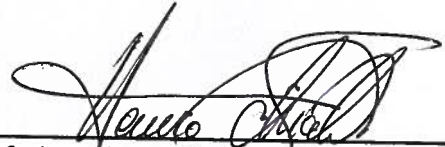
com NOTA NOVE (9 , 0), pela comissão julgadora:



Prof. Dr. Dennis Brandão - EESC/USP



Prof. Dr. José Guilherme Sabe - EESC/USP



Prof. Associado Homero Schiabel
Coordenador da CoC-Engenharia Elétrica
EESC/USP

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha família por todo o apoio durante todos esses anos.

Agradeço ao Prof. Dr. José Carlos Felizatti que me orientou nesta monografia

Agradeço aos professores da Universidade de São Paulo que participaram de minha formação acadêmica e aos professores do Ensino Médio que sempre me motivaram a buscar o melhor.

Aos meus amigos e futuros colegas de trabalho por todo o apoio que me deram durante esses cinco longos anos que logo serão lembrados com saudosismo.

Às minhas amigas e companheiras de apartamento, Lúgia e Lais, por toda a paciência durante tanto tempo. Eu sei que sou difícil!

Aos meus amigos de infância e adolescência, com atenção especial ao “quarteto fantástico” Janine, Lara, Luiza e Yasmine; que, apesar da distância, ainda estão presente em minha vida.

Aos meus padrinhos de formatura: Sérgio, Lucas e Vitor.

A todos os contribuintes do estado de São Paulo, que tornaram minha formação possível.

Dedico este trabalho aos meus pais, minha avó, minhas tias e primas que sempre me apoiaram durante minha formação pessoal e acadêmica, mesmo com meus “hobbies insensatos”.

“Nossas dúvidas são traidoras e nos fazem perder o que, com frequência, poderíamos ganhar, por simples medo de arriscar.”

William Shakespeare

RESUMO

Esta monografia apresenta o estudo e projeto da instalação de sistemas eletrônicos e automação predial de um grande hospital que, por razões éticas, não será identificado. Foram estudados todos os sistemas envolvidos no projeto, como telecomunicações, detecção e alarme de incêndio, segurança, chamada de enfermeira e automação. Por ser um projeto de grande porte, foi dada ênfase às alas de UTI e do centro cirúrgico, que, por suas características, apresentam peculiaridades no projeto.

Palavras chave: 1.Automação Predial. 2.Sistemas Eletrônicos. 3.Redes Estruturadas. 4.Áreas Hospitalares. 5.UTI. 6.Centro Cirúrgico

ABSTRACT

This monograph presents the study and design of electronic systems and building automation of a big hospital that, for ethical reasons won't be identified. All the systems involved on the project were studied, like telecommunications, fire detection and alarm, security, nurse call and automation. Since it is a huge project, the ICU ward and the surgical center were studied with more emphasis, once, because of their characteristics, they have peculiarities on the project.

Key words: 1.Building Automation. 2.Electronic Systems. 3.Structed Network. 4.Hospital Areas. 5.ICU. 6.Surgical Center.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	- 11 -
1.1 OBJETIVOS	- 11 -
2. ESCOPO.....	- 13 -
2.1 INSTITUIÇÕES E NORMAS UTILIZADAS.....	- 13 -
2.1.1. INSTITUIÇÕES.....	- 13 -
2.1.2. NORMAS	- 13 -
2.1.3. SISTEMAS ELETRÔNICOS E CONCEITOS.....	- 14 -
2.1.4. EDIFÍCIO E AMBIENTE INTELIGENTE.....	- 14 -
2.1.5. REDE ESTRUTURADA	- 15 -
2.1.6. TELEMÁTICA	- 16 -
2.1.7. CHAMADA DE ENFERMEIRA	- 16 -
2.1.8. CONTROLE DE ACESSO	- 16 -
2.1.9. CIRCUITO FECHADO DE TV.....	- 17 -
2.1.10. ELÉTRICO E ILUMINAÇÃO	- 17 -
2.1.11. CLIMATIZAÇÃO	- 17 -
2.1.12. HIDRÁULICA.....	- 18 -
2.1.13. DETECÇÃO E ALARME DE INCÊNDIO	- 18 -
2.1.14. AUTOMAÇÃO PREDIAL.....	- 18 -
3. CLIMATIZAÇÃO	- 20 -
3.1 CENTRAIS DE ÁGUA.....	- 20 -
3.2 FLUXOGRAMA DA UTI	- 21 -
3.3 FLUXOGRAMA DO CENTRO CIRÚRGICO.....	- 25 -
4. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	- 31 -
5. CONCLUSÕES	- 33 -
6. REFERÊNCIA.....	- 34 -
7. APÊNDICE	- 35 -
7.1 APÊNDICE A.....	- 35 -
7.2 APÊNDICE B.....	- 37 -

LISTA DE ABREVIACÕES

ANATEL – Agência Nacional de Telecomunicações

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

NBR – Norma Brasileira

TIA – Associação das Indústrias de Telecomunicações

EIA – Aliança das Indústrias Eletrônicas

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária

RDC – Resolução da Diretoria do Colegiado (ANVISA)

1. INTRODUÇÃO

Com o passar dos anos, o avanço tecnológico em diversas áreas permite o desenvolvimento de projetos de automação predial cada vez mais rápidos e confiáveis, fazendo com que sistemas de automação predial (SAP) se tornem algo indispensável em grandes construções, como centros empresariais, hospitais e indústrias.

Ambientes inteligentes são ambientes capazes de se adaptar às necessidades dos usuários, otimizando a funcionalidade, conforto, flexibilidade de uso, segurança e energia. Projetos de automação predial apresentam, além de controle de iluminação e temperatura, sistemas de telemática, circuito fechado de televisão, sinalização, o que pode incluir enfermagem, heliponto, rota de fuga, entre outros; controle de acesso, sistemas de áudio e TV e a integração do sistema de automação ao sistema de detecção e alarme de incêndio.

Os sistemas citados acima são de grande importância em grandes hospitais, proporcionando maior conforto e segurança aos pacientes, além de serem vitais em alas como as de UTI e de salas cirúrgicas, que precisam de rigoroso controle de temperatura, umidade e pressão para assegurar as melhores condições possíveis, tanto para o paciente, quanto para a equipe responsável.

1.1 OBJETIVOS

Para realização desta monografia foi feito o estudo e desenvolvimento do projeto de automação predial e das instalações de sistemas eletrônicos de um grande hospital que, por razões éticas, não será identificado.

Devido ao grande porte do projeto, foi dada ênfase a áreas específicas do hospital, como o centro cirúrgico e a ala de UTI, que apresentam características próprias na automação, principalmente da climatização.

Para desenvolvimento do projeto de automação, é imprescindível o desenvolvimento de uma tabela que apresente os pontos do sistema a serem controlados. Além de ser

indispensável para a realização da lógica, pois a tabela aponta as entradas e as saídas que a controladora deve ter, é usada para escolha do equipamento mais adequado para o projeto.

Observando dificuldade no entendimento do sistema de climatização, foi proposto o desenvolvimento de fluxogramas que representam o sistema, facilitando a determinação dos pontos de automação. Estes fluxogramas são frequentemente utilizados para representação de sistemas elétricos, como subestações e painéis elétricos, entretanto, até o momento, não eram utilizados para os sistemas de ar condicionado.

2. ESCOPO

2.1 INSTITUIÇÕES E NORMAS UTILIZADAS

Para o desenvolvimento deste projeto foram utilizadas as instituições e normas citadas abaixo.

2.1.1. INSTITUIÇÕES

Para o desenvolvimento das soluções apresentadas foram observadas as seguintes normas das instituições a seguir relacionadas:

ANATEL – Agência Nacional de Telecomunicações

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

TELEFÔNICA – concessionária de telecomunicações – normas valendo da TELESP

MINISTÉRIO DA SAÚDE e outras especificadas a cada unidade particular dos sistemas de utilidades.

2.1.2. NORMAS

Serão seguidas as normas das instituições citadas neste documento, conforme relacionadas abaixo:

NBR-5410: Instalações elétricas de baixa tensão.

NBR-5414: Execução de instalações elétricas de baixa tensão.

NBR-9441: Execução de sistemas de detecção e alarme de incêndio.

NBR-13554: Instalações elétricas em estabelecimentos assistências de saúde – requisitos de segurança.

NBR-14565: Procedimento básico para elaboração de projetos de cabeamento de telecomunicações para rede interna estruturada.

TIA/EIA-568-B: Norma de cabeamento estruturado de telecomunicações de edifícios comerciais.

Ministério da Saúde – Normas e padrões de construção e instalação de serviços de saúde.

RDC nº 50 da ANVISA.

Portaria do Ministério da Saúde nº 2662 de 22/12/1995 sobre instalações elétricas em estabelecimentos assistências de Saúde.

Níveis de Ruído: CETESB 11034/026179-1992 e 11032/026259-1992 e NBR-10151 e NBR-10152.

2.2. SISTEMAS ELETRÔNICOS E CONCEITOS

Neste tópico, será feito um breve comentário sobre os sistemas eletrônicos presentes no projeto estudado.

2.2.1. EDIFÍCIO E AMBIENTE INTELIGENTE

Não existe uma definição específica para o termo “Edifício Inteligente”, entretanto, seguem-se alguns conceitos para este.

De acordo a EIBG (*European Intelligent Building Group* – Grupo de Edifícios Inteligentes Europeu), edifício inteligente é aquele que “incorpora os melhores conceitos, materiais, sistemas e tecnologias disponíveis de forma que o edifício alcance ou exceda o desempenho requerido pelas partes interessadas, incluindo comunidade local e global. Ele

também deve maximizar a eficiência dos ocupantes e permitir gerenciamento dos recursos com o mínimo de esforço”.

A IBI (*The Intelligent Buildings Institute, US* – Instituto de Edifícios Inteligentes, EUA) diz que o edifício deve “fornecer um ambiente produtivo e rentável através da otimização dos quatro componentes básicos: estrutura, sistemas, serviços e gerenciamento, além da relação entre estes para ser considerado um edifício inteligente”.

Estes conceitos propõem edifícios mais seguros e, inclusive, mais acessíveis para deficientes. Além de priorizarem a execução de obras ecologicamente corretas, inclusive com certificação LEED, que avalia se o edifício é sustentável, se apresenta eficiência no uso de água, se é eficaz energeticamente e toma cuidado com as emissões na atmosfera, se apresenta otimização do uso dos recursos e materiais e, por último, a qualidade ambiental no interior da edificação.

2.2.2. REDE ESTRUTURADA

De acordo com a NBR 14565, rede estruturada é uma rede projetada de modo a prover uma infraestrutura que permita evolução e flexibilidade para os serviços de telecomunicações (voz, dados, imagens, sonorização, controle de iluminação, sensores de fumaça, controle de acesso, sistema de segurança, controles ambientais), segurança, automação e outros sistemas presentes em grandes edifícios.

O projeto de cabeamento estruturado é dividido em duas partes, a parte interna, e a externa. E, ainda, a parte interna é dividida em primária e secundária, como será visto abaixo.

O cabeamento primário consiste na ligação da sala de equipamentos, onde ficam servidores, switches e roteadores principais, aos armários de telecomunicações. Esta rede também é conhecida como cabeamento vertical ou *backbone* e normalmente é feita com fibra óptica.

A rede secundária tem início nos armários de telecomunicações, que são usados uma vez que seria inviável puxar um cabo da sala de equipamentos para cada ponto do prédio. Esta rede também é conhecida como cabeamento horizontal e usualmente utiliza-se cabo de par trançado (UTP) para sua execução.

Tanto o cabeamento interno primário, quanto o secundário, assumem topologia estrela, sendo que no primário, o ponto central é a sala de equipamentos e as extremidades, os armários de telecomunicações, e, no secundário, o armário de telecomunicações é o ponto central e, as extremidades, os pontos de telecomunicações.

2.2.3. TELEMÁTICA

Telemática é o conjunto de serviços informáticos fornecidos por uma rede de telecomunicações podendo ser considerada a conversão de tecnologias das áreas de informática (computadores, periféricos, softwares e sistemas de redes) e de telecomunicações (telefonias, cabeamento estruturado, fibra óptica e comunicação wireless).

2.2.4. CHAMADA DE ENFERMEIRA

O sistema de chamada de enfermeira está presente na maioria dos hospitais e centros médicos e é responsável pelo conforto e pela segurança dos pacientes. Normalmente estão presentes em régua de utilidades na cabeceira dos leitos, as quais possuem chamada de enfermeira, transmissão de voz e dados e fornecimento de gases medicinais. Quando este sistema é interligado à rede IP, existe a opção de chamada de emergência, na qual profissionais capacitados para reanimar pacientes em estado crítico são avisados por sistemas de *Pager* ou mesmo pelo celular, aumentando as chances de recuperação de pacientes.

2.2.5. CONTROLE DE ACESSO

O controle de acesso é um dos sistemas responsável pela segurança de um local e pode estar presente de diversas maneiras, como por meio de catracas e travas de eletroímã e permitir o acesso ou não de uma pessoa por meio de cartão de proximidade, senha, identificação biométrica, entre outras tecnologias utilizadas.

2.2.6. CIRCUITO FECHADO DE TV

Outro sistema responsável pela segurança de um edifício, o Circuito Fechado de Televisão é constituído de câmeras de segurança disponibilizadas estrategicamente de forma a assegurar que áreas de entrada e saída do prédio e o acesso a áreas de risco ou controladas são devidamente monitoradas. As câmeras são interligadas ao sistema de segurança de forma que as imagens são armazenadas por tempo determinado e ainda que as imagens sejam disponibilizadas em uma sala de segurança, onde profissionais capacitados podem fazer a monitoração dessas áreas remotamente.

2.2.7. ELÉTRICO E ILUMINAÇÃO

No projeto do sistema elétrico de um edifício deve-se levar em conta: controle de demanda, controle de fator de potência, automatismo de partida de geradores e transferência de cargas, controle de iluminação e otimização de consumo. Para tal, sistemas de controle e automação supervisionam e controlam transformadores, disjuntores de baixa e alta tensão, quadros de alimentação de equipamentos, centrais de medição de grandezas elétricas, controladoras de demanda, controladores de fator de potência, *No-breaks* e grupos geradores.

2.2.8. CLIMATIZAÇÃO

O controle dos sistemas de condicionamento de ar, além de fazer com que o ambiente fique mais agradável também tem papel importante em relação à sustentabilidade do prédio, pois evita o desperdício de energia.

Este controle, além da temperatura, também controla fatores como umidade, movimentação e pureza de ar em ambientes fechados e pode auxiliar o sistema de combate ao incêndio, estando atrelado aos sistemas de extração de fumaça, pressurização de escada e reposição de ar. Sua complexidade varia de acordo com a necessidade do local.

Alas de UTI e salas cirúrgicas exigem um alto nível de controle de temperatura, umidade e pressão, além de necessitar um sistema isolado das outras áreas do hospital a fim

de evitar possíveis contaminações. Para tal, são previstos ventiladores, *fancoils* e dutos exclusivos para cada leito de UTI e para cada sala de cirurgia.

Mais detalhes da supervisão deste sistema serão vistos na próxima seção.

2.2.9. HIDRÁULICA

A automatização das instalações hidráulicas de um edifício possibilita o gerenciamento do consumo de água, o que possibilita a identificação de vazamentos e o controle de acúmulo ou despejo de efluentes nas redes públicas; a monitoração dos níveis de reservatórios, levando ao acionamento ou não de bombas; e ainda pode ser feito o monitoramento das características físico-químicas da água para abastecimento.

2.2.10. DETECÇÃO E ALARME DE INCÊNDIO

De acordo com a norma NBR9441, a prevenção de incêndio deve ser formada por sistemas completamente independentes e apresentar redundância para que, em caso de sinistro, se, por exemplo, o laço principal for rompido, o sistema não deixe de atuar de forma esperada.

O sistema de detecção e alarme de incêndio se comunica com praticamente todos os sistemas existentes em um edifício, em caso de sinistro é responsável por desenergizar setores atingidos, posicionar os elevadores em pavimentos estratégicos, acionar bombas, para garantir que sprinklers atuem corretamente e hidrantes possam ser utilizados; e, no caso da climatização, além de interromper a climatização de ambientes, ligar ventiladores que irão auxiliar na extração de fumaça ou responsáveis pela pressurização de escadas.

2.2.11. AUTOMAÇÃO PREDIAL

O sistema de automação predial é muito similar a um sistema de automação industrial. As diversas condições do sistema são monitoradas por sensores, que enviam as informações a

um CLP. A controladora, a partir de uma lógica programada, irá atuar sobre elementos do sistema a fim de obter os resultados esperados do projeto.

No caso de um sistema de climatização, há a presença de sensores de temperatura, umidade relativa, pressão, vazão, pressostatos e relés de corrente e temperatura; os quais monitoram as condições do ar no ambiente e dos equipamentos em operação. Os atuadores são válvulas de duas vias, variadores de frequência, variadores de potência e *dampers* motorizados.

3. CLIMATIZAÇÃO

Um hospital apresenta diversas áreas específicas, como UTI e sala de cirurgia, que serão estudadas a seguir e apresentam características diferentes das áreas comuns na arquitetura, iluminação, instalação elétrica e automação. Entretanto, o sistema que recebe mais atenção na supervisão predial destas áreas é o sistema de ar condicionado, devido à importância do controle da temperatura, umidade e pressão nestes locais.

Os diferentes tipos de instalações de ar condicionado são classificados de acordo com o fluido utilizado para refrigeração e/ou aquecimento do ar. No caso do hospital estudado, a instalação utiliza centrais de água quente e gelada para fazer o equilíbrio das cargas. No tópico 3.1 serão estudadas as características das instalações de ar condicionado com centrais de água.

Vale ressaltar que por se tratar de ambientes isolados, os dutos e equipamentos do sistema das duas áreas são exclusivos de cada leito ou sala. Isto ocorre para evitar contaminações, tanto do meio externo, quanto do meio interno.

3.1 CENTRAIS DE ÁGUA

A instalação de ar condicionado com água apresenta centrais de água, gelada ou quente, e sistemas de bombeamento e circulação dos dois fluidos até as unidades terminais, normalmente *fan coils* ou VAV (*Variable Air Volume* ou Volume de Ar Variável).

Para o sistema de supervisão, a instalação utilizar água como fluido significa que deverá ser feito o controle do acionamento das bombas responsáveis pela circulação da água, abertura e fechamento de válvulas de duas vias e o controle e monitoração do funcionamento das centrais de aquecimento e resfriamento, além da supervisão das condições de operação do sistema como um todo. As características detalhadas da automação das centrais, entretanto, não serão estudadas aqui.

Fan coils são equipamentos utilizados em sistemas HVAC (*Heating, Ventilation and Air Conditioning* ou Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado) residenciais, comerciais e

industriais. Eles são capazes de fazer o controle total da temperatura, umidade e pressão dos ambientes e normalmente são dotados de uma tomada de ar externa e uma de recirculação. Os VAVs também são utilizados em sistemas HVAC e diferem dos *fan coils* pelo modo como fazem o controle das cargas, pois apresentam vazão de ar variável, enquanto os primeiros, não.

No próximo tópico, será feita a especificação da instalação de ar condicionado da UTI e análise das particularidades do sistema na área a partir do fluxograma.

3.2 FLUXOGRAMA DA UTI

A figura abaixo, Figura 1, mostra o diagrama de controle de VAV e Exaustão, ou seja, o fluxograma da instalação do sistema de ar condicionado do leito de UTI.

LISTA DE PONTOS DO EQUIPAMENTO – FAN COIL/EXAUSTOR		TIPO DE SINAL			
ITEM	DESCRIÇÃO	AI	DI	AO	DO
01	CHAVE SELETORA AUTOMÁTICO/MANUAL E LIGA/DESLIGA	–	4	–	–
02	COMANDO DO VAV/EXAUSTOR – LIGA/DESLIGA	–	–	–	2
03	STATUS VAV – RELÉ DE CORRENTE NO VAR. FREQ.	–	1	–	–
04	SOBRECARGA/DEFEITO VAV – RELÉ DE TEMPERATURA NO VAR. FREQ.	–	1	–	–
05	STATUS EXAUSTOR – RELÉ DE CORRENTE NO VAR. FREQ.	–	1	–	–
06	SOBRECARGA/DEFEITO EXAUSTOR – RELÉ DE TEMPERATURA NO VAR. FREQ.	–	1	–	–
07	STATUS DOS FILTROS – PRESSOSTATO DIFERENCIAL	–	3	–	–
08	SENSOR DE TEMPERATURA AMBIENTE	1	–	–	–
09	SENSOR DE UMIDADE RELATIVA AMBIENTE	1	–	–	–
10	SENSOR DE VAZÃO INSUFLAMENTO	1	–	–	–
11	COMANDO PARA MODULAR VÁLVULA DE 2 VIAS – ÁGUA GELADA	–	–	1	–
12	COMANDO PARA MODULAR VÁLVULA DE 2 VIAS – ÁGUA QUENTE	–	–	1	–
13	COMANDO PARA MODULAR VARIADOR DE POTENCIA UNIDIFICADOR	–	–	1	–
14	COMANDO PARA MODULAR VARIADOR DE FREQUÊNCIA VAV	–	–	1	–
TOTAIS		3	11	4	2

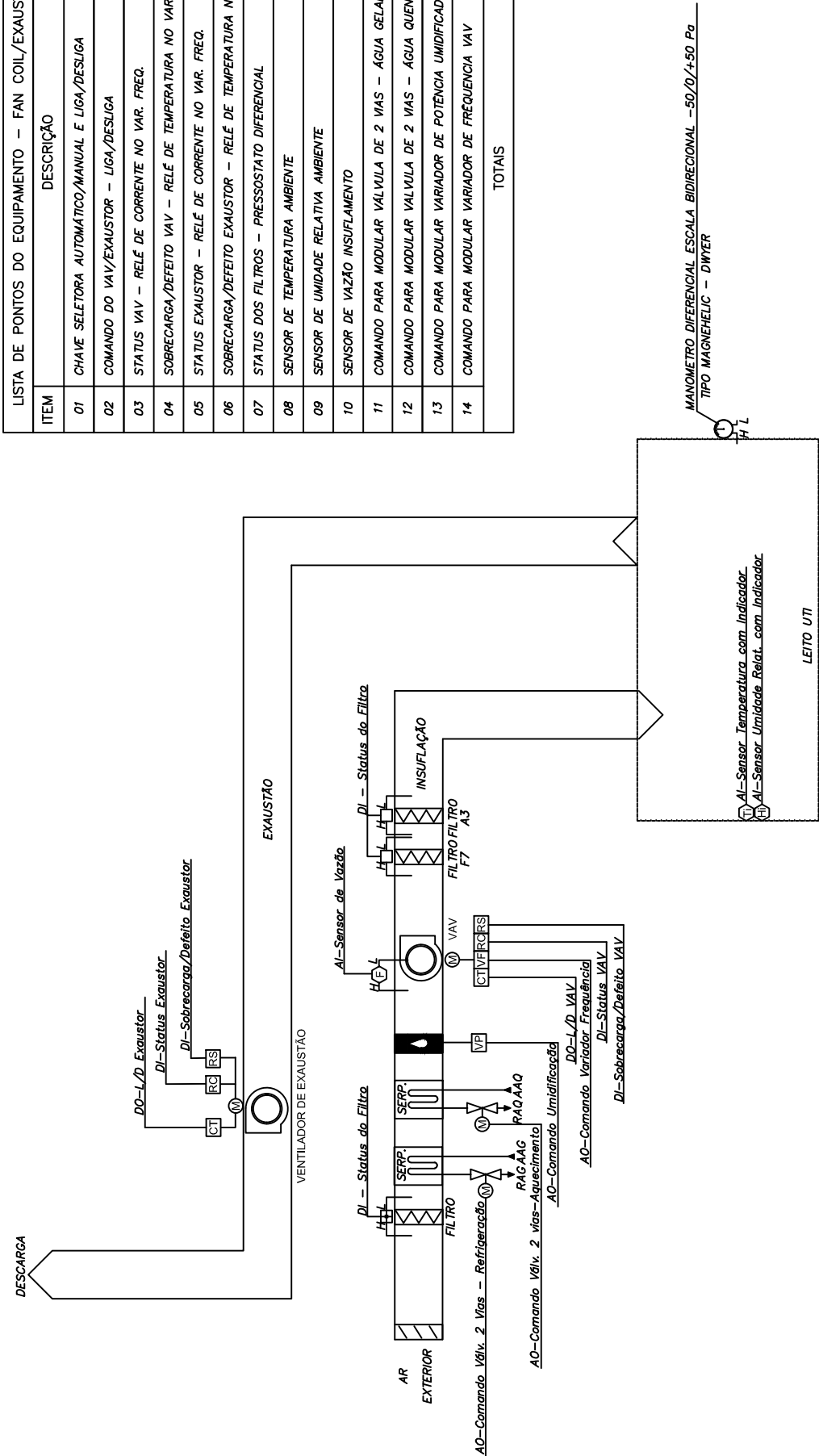


FIGURA 1: DIAGRAMA DE CONTROLE PARA CONDICIONAMENTO DE AR DO LEITO DE UTI

Como já foi dito antes, cada leito de UTI do hospital possui um sistema exclusivo e, agora, será feita uma análise detalhada do sistema de ar condicionado a partir do fluxograma, juntamente com os requisitos da área.

Ao lado do diagrama, é possível ver uma tabela, que apresenta os pontos de controle do sistema. Nela é possível ver uma pequena descrição do ponto e o tipo de sinal, se é analógico ou digital (A ou D, respectivamente), se é saída ou entrada (O ou I, respectivamente) da controladora.

O VAV apresenta uma chave seletora com três posições: desligado, manual ou automático. Esta chave fica presente no quadro de comando do equipamento e um sinal digital, como pode ser visto no Item 1 da Tabela, é enviado à controladora para determinação do modo de operação do equipamento. O comando (CT do ventilador de insuflação no fluxograma), liga ou desliga, é feito através de uma saída digital, Item 2 da tabela.

Para que seja possível fazer o controle da velocidade de rotação do ventilador do equipamento, existe um variador de frequência ligado a ele. Este equipamento permite variar a vazão de ar através da velocidade em que o VAV está operando. Adotando esta opção, evita-se que o sistema gere perdas consideráveis de energia.

Além de fazer o controle do equipamento, o sistema de supervisão também precisa verificar se o equipamento está funcionando de forma adequada. Para isso, relés ligados ao variador de frequência determinam o status do VAV. O Item 3 tabela diz respeito ao funcionamento do ventilador, ou seja, se ele está ligado ou desligado e sua supervisão é feita através do estado de um relé de corrente (RC do ventilador de insuflação no fluxograma). Por meio de um relé de temperatura (RS do ventilador de insuflação no fluxograma), verifica-se se o há sobrecarga ou defeito no equipamento, Item 4 da Tabela.

Uma vez que o ventilador está ligado a um variador de frequência, a vazão de insuflação de ar no ambiente é controlada por este dispositivo através um sinal analógico de modulação (VF do ventilador de insuflação no fluxograma), Item 14 da Tabela. A verificação da vazão é feita por um sensor de vazão (F) presente no duto de insuflação que gera um sinal analógico para a controladora, Item 10.

A automação do ventilador de exaustão é feita da mesma forma como no VAV. O comando (CT do ventilador de exaustão no fluxograma) é feito por uma saída digital e também se refere ao Item 2. O status e a sobrecarga são monitorados pelo estado de relés de

corrente (RC do ventilador de exaustão no fluxograma) e de temperatura (RS do ventilador de exaustão no fluxograma), respectivamente. Estes sinais correspondem aos Itens 5 e 6 da Tabela. A diferença entre o controle de insuflação e exaustão é que, para o segundo caso, não existe variação de vazão e, portanto, para este equipamento, não há controle velocidade do ventilador.

Por se tratar de um ambiente com atmosfera controlada, é de extrema importância a presença de filtros, principalmente de filtro fino (Filtro F7), nos dutos. O filtro fino representa uma obstrução parcial das vias que varia de acordo com o acúmulo de sujeira. Logo, existe a necessidade de pressostatos diferenciais, equipamentos que atuam quando a diferença de pressão entre dois pontos atinge determinado valor. Este sensor é necessário para estabelecer o nível de sujeira do filtro e se há necessidade de substituição deste. A inspeção do estado de cada filtro é feita por um sinal digital, sendo necessárias três entradas digitais na controladora, vide Item 7 da Tabela.

A temperatura e a umidade relativa também devem ser monitoradas pela presença de sensores específicos e controladas pela atuação do sistema na umidificação, resfriamento e aquecimento do ar no ambiente. Isso pode ser visto no fluxograma pela previsão de sensores de temperatura (TI) e umidade relativa (HI) do ar no interior do leito. Eles apresentam indicadores dos dados para monitoramento das condições do ambiente pelos usuários do local, no caso, por funcionários do setor. Para a controladora, os dados acima são recebidos por meio de entradas analógicas, o que pode ser conferido nos Itens 8 e 9 da Tabela.

Por ser um sistema HVAC a água com centrais de água quente e gelada, sendo que elas apresentam dutos distintos, é necessário fazer o controle de resfriamento e aquecimento do ar do ambiente comandando a quantidade de água quente ou fria que passa por suas respectivas serpentinas. Logo, duas saídas analógicas modulam a abertura ou fechamento de duas válvulas de duas vias (M), uma para cada sistema. Itens 11 e 12.

A umidificação do ar é feita por um sistema elétrico e seu acionamento se dá por um variador de potência (VP). Consequentemente, o comando que estabelece a taxa de umidificação necessária para atingir determinada umidade é feito por uma saída analógica para o variador. Apesar de possuir este dispositivo, não foi previsto pontos para indicação do status e de sobrecarga do sistema como no caso dos ventiladores.

Os leitos também devem apresentar pressão maior em relação ao corredor, sendo que o ar interno deve apresentar concentração de oxigênio levemente maior do que no ar atmosférico, o que possibilita a eliminação de bactérias anaeróbicas no local. A pressão positiva é importante para impedir que agentes infecciosos do meio externo contaminem o ambiente interno, ou o oposto.

A pressão positiva no meio interno é garantida pela instalação de um manômetro diferencial no leito. Ele é responsável por medir e indicar a diferença de pressão entre o corredor e o leito. Possui indicador do valor medido no local para fácil verificação do estado da sala. O controle da pressão é feito pelo acionamento ou não dos ventiladores de exaustão em conjunto com a variação da vazão de insuflação.

3.3 FLUXOGRAMA DO CENTRO CIRÚRGICO

As salas cirúrgicas são áreas com necessidades específicas no projeto. Nelas, o fluxo de ar deverá ser mantido controlado na mesa de operação. Esta área apresenta um controle um pouco mais rigoroso do que o visto acima e será caracterizado a seguir.

As Figuras 2 e 3 mostram o diagrama de controle para condicionamento de ar da sala cirúrgica dividido em duas partes. Na primeira, pode ser vista representação de uma sala com a locação dos sensores e o fluxograma da instalação dos dutos e equipamentos de insuflação. A representação dos dutos foi dividida em duas partes, de forma que a Figura 3 é a continuação do duto de exaustão com a instalação dos equipamentos.

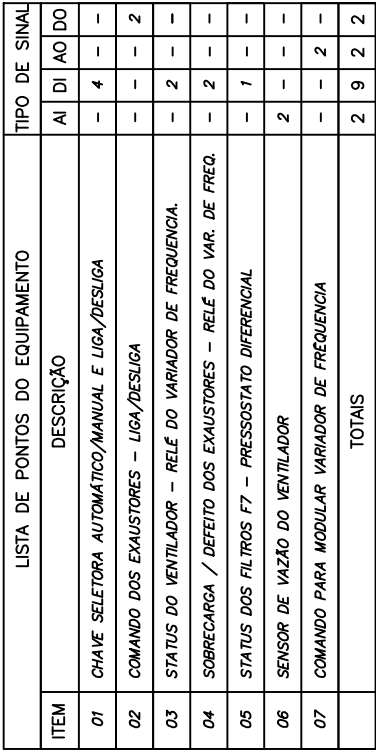


FIGURA 3: EXAUSTÃO – EXPURGO – EXPURGO DA SALA CIRÚRGICA

Primeiramente será feita uma análise da Figura 2, com a descrição do fluxograma proposto de forma a explicar alguns requisitos da sala.

No caso da sala cirúrgica, o condicionamento de ar é feito por *fan coil*, isto implica que a variação da vazão não será feita pelo controle da velocidade de rotação do ventilador através do variador de frequência, mas sim pelo estrangulamento dos dutos por *dampers*.

De forma similar ao VAV, o comando do ventilador é feito por uma saída digital (CT no fluxograma) e a verificação do modo de operação do equipamento, através de uma entrada digital, da mesma forma como no VAV. Estes são os Itens 2 e 1 da Tabela, respectivamente.

A atmosfera da sala também é rigorosamente controlada com a presença de filtros, inclusive filtro fino (F7). O filtro representa uma obstrução do duto variável com tempo, portanto, para manter a vazão de ar constante, a velocidade de operação ventilador é controlada por um variador de frequência. Neste caso, este dispositivo não será utilizado para variação da vazão final, que será feita com outros métodos.

A averiguação do status de funcionamento do ventilador (se ele está ligado ou não) e de situação de sobrecarga ou defeito também é feita por relés de corrente (RC) e temperatura (RS), respectivamente. Estes pontos são sinais digitais de entrada para o CLP e correspondem aos Itens 3 e 4 da Tabela. Já o comando para variar a velocidade de rotação do ventilador é feito através de uma saída analógica para modular o variador de frequência (VF), Item 9 da Tabela, e a verificação da vazão é feito por um sensor de vazão (F) localizado no ventilador, que gera uma entrada analógica para a controladora. Vide Item 8.

Os filtros também necessitam de pressostatos diferenciais, indicados acima dos filtros, para determinação do nível de sujeira, o que leva à necessidade de 3 entradas digitais, que estão presentes no Item 5 da Tabela.

Para a supervisão da temperatura do ambiente, foram previstos dois sensores de temperatura, um no duto de insuflação (T) e outro no leito (TI), que apresenta indicador no local para monitoração do estado da sala antes e durante os procedimentos. Por se tratar de sensores, necessitam de entradas analógicas, como pode ser visto no Item 6.

Na sala de cirurgia, o controle da temperatura é feito de forma diferente da vista anteriormente. Este sistema possui duas serpentinas de resfriamento, uma de aquecimento e um aquecedor elétrico. Isto ocorre por se tratar de um local mais crítico do que os leitos de

UTI, sendo necessário um controle mais fino e preciso da temperatura ambiente. Para regular a quantidade de água em cada serpentina, é feito controle da abertura e do fechamento de válvulas de duas vias (M) em cada uma delas, contabilizando três saídas analógicas. Já o aquecedor elétrico é controlado por um variador de potência (VP) que recebe um sinal analógico da controladora. Isso pode ser visto nos Itens 10, 11 e 12.

A umidade relativa do ambiente é monitorada por um sensor de umidade (HI) com indicador locado no interior do leito e representa uma entrada analógica, vide Item 7. Na sala cirúrgica, a umidificação é feita por umidificador elétrico, portanto o comando para controle desta variável é feito por uma saída analógica da controladora ligada a um variador de potência (VP). O Item 13 mostra o ponto de controle da umidade do ar.

A pressão dentro da sala cirúrgica deve ser maior do que a do corredor para evitar qualquer tipo de contaminação do paciente. Já que isso impede que agentes infecciosos entrem na sala. Ela é monitorada por um sensor de pressão (PI) localizado no leito, que gera uma entrada analógica para o CLP, Item 15. Este sensor apresenta indicador no local para que a equipe possa verificar se a sala está positiva em relação ao meio externo e, conseqüentemente, liberada para atividades clínicas. O controle da pressão é feito pelo acionamento dos *dampers* (M) localizados nos dutos de insuflação e exaustão, que têm sua abertura ou seu fechamento controlados por saídas digitais da controladora, que podem ser vistas no Item 14 da Tabela.

O sistema de exaustão da sala cirúrgica, Figura 3, difere do sistema do leito por apresentar filtro e equipamento reserva. Ele apresenta dois ventiladores capazes de fazer a exaustão de ar do ambiente, mas somente um deles opera de cada vez. Os dois estão preparados, ou seja, recebem automação e estão intertravados ao *fan coil* da sala, mas não operam no mesmo momento.

O filtro fino (F7) presente no duto não impede que agentes infecciosos presentes no meio interno contaminem a atmosfera externa, pois só detém partículas pequenas, não vírus ou bactérias. A presença do filtro, como já visto antes, leva à previsão do comando do variador de frequência a fim de que a vazão de exaustão se mantenha constante, o que não acontece nos leitos.

De forma similar ao controle dos outros sistemas, os ventiladores também possuem chaves seletoras de três posições que estão presentes no quadro de comando, de forma que o

sinal para determinação do modo de operação do equipamento é enviado à controladora por meio de duas entradas digitais. Isso pode ser visto no Item 1 da Tabela.

A controladora envia sinais digitais para o equipamento para ligar ou desligar (CT) os ventiladores, totalizando duas saídas digitais que podem ser vistas no Item 2. Os variadores de frequência possuem relés de corrente (RC) e de temperatura (RS). O estado do primeiro indica o funcionamento do ventilador, enquanto o segundo mostra se ele está operando em condição de sobrecarga ou defeito. Itens 3 e 4 da Tabela.

O pressostato diferencial presente no filtro informa se há necessidade de troca do mesmo através de uma entrada digital, Item 5. A vazão é supervisionada através de sensores de vazão (F) localizados nos ventiladores, que representam duas entradas analógicas na controladora (Item 6), e controlada por um comando (VF) que modula o variador de frequência feito através de uma saída analógica da controladora. Vide Item 7 da Tabela.

4. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

As tabelas de pontos apresentadas nas figuras são de extrema importância na supervisão predial. Elas são utilizadas para determinação do CLP que será utilizada no projeto e a quantidade de equipamento necessária, pois sua escolha é feita a partir da quantidade dos pontos necessários para fazer a automação do sistema. A lista de pontos também auxilia o desenvolvimento da lógica necessária para que o sistema funcione de maneira adequada.

O desenvolvimento desta planilha pode ser extremamente complicado a partir, somente, das plantas baixas das instalações do ar condicionado. Para que isso seja feito, primeiro seria necessário fazer uma análise dos requisitos do projeto de cada setor, a fim de se determinar quais características do ambiente devem ser monitoradas e controladas e como isso deve ser feito. Por exemplo, de acordo com as premissas do projeto, deve-se monitorar e controlar temperatura, umidade e pressão no interior da sala de cirurgia, estados dos filtros, controle da vazão de ar via *damper*, além de comando e monitoramento do status do ventilador.

O Apêndice A mostra a planta do sistema de ar condicionado de uma sala cirúrgica, onde é possível ver que o equipamento que atende a sala encontra-se no pavimento acima. No Apêndice B, pode-se ver a planta das instalações dos equipamentos, podendo-se identificar qual *fancoil* atende a sala.

Após análise das plantas e identificação dos equipamentos que atendem cada área, seria possível localizar o equipamento no memorial descritivo para determinar quais as características, agora, do equipamento. Pela especificação dos equipamentos, o *fancoil* que atende a sala cirúrgica apresenta filtro fino, variador de frequência, três serpentinas (uma de água quente e duas de água gelada) e umidificador e aquecedor elétricos.

Para agilizar o processo e diminuir as chances de falhas, foi proposto o desenvolvimento de fluxogramas do sistema de ar condicionado semelhantes aos já usados nas instalações elétricas. Eles possibilitam uma visualização rápida e clara de todo o sistema, sendo fácil identificar a localização de todos os elementos, como sensores e atuadores. Também permitem a fácil identificação dos pontos de controle, sua natureza (analogico ou digital) e se é o sinal de entrada ou saída da controladora.

Os fluxogramas podem ser aplicados em qualquer projeto que possua sistema de climatização e, além de todos os fatores relevados acima, também demonstram ao cliente o cuidado dos engenheiros com o projeto, elevando a imagem da empresa no mercado.

5. CONCLUSÕES

Além de projetos de supervisão predial serem cada vez mais requisitados pelas exigências de edifícios ecologicamente corretos, uma vez que a automação predial permite economia de energia e melhor gerenciamento das fontes energéticas e das tecnologias disponíveis, sistemas de automação predial são imprescindíveis em alguns tipos de empreendimento, como hospitais.

Isto ocorre, uma vez que vidas dependem da qualidade do serviço prestado nestes locais, a qual depende, além de capacidade profissional, da qualidade do ambiente. O sistema de automação predial em hospitais tem como objetivo disponibilizar as melhores condições possíveis a todos os usuários, tanto de segurança, quanto no que diz respeito a conforto.

Neste trabalho foi feito o estudo dos sistemas que envolvem a automação predial, dando-se ênfase a duas áreas específicas de um hospital (UTI e Sala Cirúrgica) e a elaboração do projeto. Para melhoria do projeto, foi proposta a elaboração de fluxogramas do sistema mais importante para estas áreas, o de climatização.

Os fluxogramas foram elaborados para possibilitar uma visualização mais clara da instalação, dos equipamentos e das características deste sistema. A partir dos diagramas, a identificação de dados importantes, como os pontos de automação, fica mais simples e precisa, o que reduz as chances de erros hediondos em fases do projeto que dependem deste sistema e de instalação.

Os fluxogramas já foram implementados em outros projetos de grande porte, como aeroporto, estádios de futebol e shoppings. Nestes projetos, os fluxogramas atingiram os objetivos propostos para eles: facilitaram o entendimento do sistema para posterior elaboração da lista de pontos, diminuíram os erros da planilha e, ainda, permitiram que erros no projeto fossem identificados de forma mais fácil.

6. REFERÊNCIA

ABNT. (s.d.). NBR-13554. *Instalações Elétricas em estabelecimentos de Assistência de Saúde - Requisitos de Segurança* .

ABNT. (s.d.). NBR-14565. *Procedimento Básico para Elaboração de Projetos de Cabeamento de Telecomunicações para Rede Interna Estruturada* .

ABNT. (s.d.). NBR-5410. *Instalações Elétricas de Baixa Tensão* .

ABNT. (s.d.). NBR-5414. *Execução de Instalações Elétricas de Baixa Tensão* .

ABNT. (s.d.). NBR-9441. *Execução de Sistemas de Detecção e Alarme de Incêndio*.

ABNT. (s.d.). TIA/EIA-568-B. *Procedimento Básico para Elaboração de Projetos de Cabeamento de Telecomunicações de Edifícios Comerciais* .

Desconhecido. *Especificação de Sistemas de Ar Condicionado*.

Memorial Descritivo do Projeto Estudado.

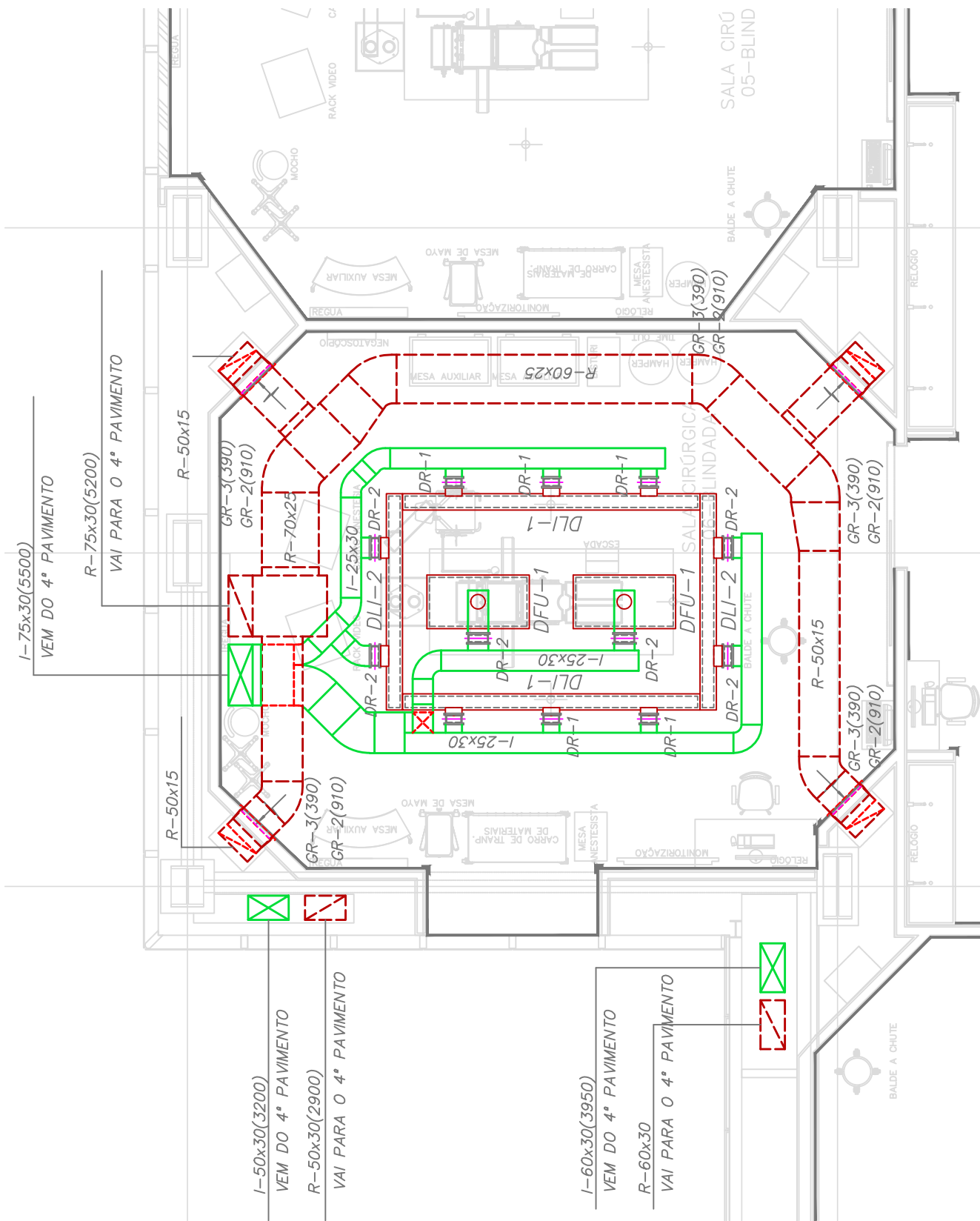
Plano Diretor de Automação.

Saúde, M. d. (s.d.). *Normas e Padrões de Construção e Instalação de Serviços de Saúde* .

Saúde, M. d. (s.d.). Portaria nº 2662. *Instalações Elétricas em Estabelecimentos de Assistência de Saúde* .

7. APÊNDICE

7.1 APÊNDICE A



7.2 APÊNDICE B

