

### **3. O projeto fornecido para a modelagem paramétrica 3D**

Com finalidade de avaliar alguns aspectos da metodologia BIM e algumas das ferramentas computacionais envolvidas, buscou-se um projeto de engenharia civil que tivesse sido concebido usando a metodologia tradicional. No momento em que o projeto foi cedido, a fase de detalhamento estava concretizada, ou seja, o projeto estava pronto para o início da fase de construção. Este empreendimento usa as tecnologias que se baseiam em desenhos 2D e documentações em arquivo de texto. Esta é a forma que a maioria dos projetos são realizados no Brasil e no mundo atualmente. A utilização desse projeto é interessante, pois, ao replicar o mesmo projeto usando a tecnologia 3D parametrizada é possível fazer uma comparação das duas metodologias. Os itens abaixo descrevem os detalhes do projeto executivo.

#### **3.1. Descrição do empreendimento**

O empreendimento fornecido tem área de aproximadamente 2500 m<sup>2</sup> e será um laboratório de análises químicas de dois pavimentos, onde no primeiro piso se concentram além da galeria de recepção, diversas salas como sala de depósito de materiais, sala de recebimento de amostras, depósitos de reagentes, sala de análises químicas, sala de raios-X entre muitas outras salas técnicas. Além disso, possui uma área administrativa, sala de treinamento, sala de reunião, uma lanchonete, vestuários e banheiros. Para abastecer todas essas salas técnicas, no segundo piso, também chamado de piso técnico, estão posicionados os equipamentos como bombas, diversos gabinetes de condicionadores, exaustores, ventiladores, caixas de aquecimento e umidificadores. O piso técnico também possui reservatórios de água, boiler, sala de elétrica e uma sala de TI e Comunicação.

Por ser um laboratório com produtos químicos, e muitos desses produtos serem inflamáveis, é necessário que o laboratório tenha uma boa ventilação. Portanto, o laboratório possui grandes tubulações de ventilação, ar condicionado, e exaustão além da ventilação natural controlada por brises. Toda essa rede de tubos circula do piso técnico ao térreo juntamente com diversas tubulações de gases especiais, utilidades e tubulações de água quente e fria.

Diferentemente dos projetos usuais, as cotas desse projeto estão em relação ao nível do mar. Ao projetar um prédio isolado convencional, atribui-se ao térreo a cota 00,00 m, porém, como se trata de um empreendimento industrial dentro de um ambiente que possui muitas outras instalações ligadas a esse laboratório, para que haja melhor integração entre os projetos de todas essas unidades, o nível do mar é tomado como referência. Em indústrias desse tipo, esse referenciamento é importante, pois muitos dutos e tubulações transitam pelas diversas instalações. Como as cotas estão em relação ao nível do mar, os projetos de cada instalação terão o mesmo referencial facilitando a integração dos dutos comuns entre as unidades da indústria. Nesse projeto o térreo está na cota 801,05 m, o piso técnico tem parte na cota 805,29 m e parte em 806,25 m. Na LFigura 6 e na figura Figura 7 gerada em um visualizador 3D não parametrizado, pode-se visualizar a renderização da edificação que simula o resultado após a sua construção.



LFigura 6: Simulação da fachada sul.



Figura 7: Imagem da fachada oeste.

### 3.2.Documentação

A documentação do projeto foi toda elaborada usando a metodologia tradicional. Basicamente desenhos no formato DWG, documentos em texto no formato DOC e um arquivo *Excel* especificando o que é cada arquivo totalizando 291 arquivos. São 205 arquivos de desenhos 2D, 85 documentos de texto, cada um desses arquivos sem nenhuma ligação paramétrica entre si.

Dos arquivos texto, 12 são memórias de cálculo onde os dados foram copiados manualmente das ferramentas de análise, 18 arquivos são lista de materiais, 20 são folhas de dados, 9 são especificações técnicas, 11 memoriais descritivos e 15 requisições de material. Todos estes arquivos estão divididos em 17 disciplinas, na Tabela 1 pode-se visualizar quantos arquivos cada disciplina possui e com isso ter uma idéia da complexidade de cada disciplina.

Disciplina	Subdisciplina	Quantidade
Arquitetura	Arquitetura, mobiliário, comunicação visual, comunicação e processo.	63
Civil	Civil, terraplanagem, fundações, estrutura de concreto, estrutura metálica e pavimentação.	46
Instalações	Elétrica, hidráulica, esgoto, gases especiais, VAC, utilidades, tubulações externas, tubulação de segurança	177

Tabela 1 - Quantidade de documentos por disciplina

### 3.3.Arquitetura

A arquitetura é de grande importância no projeto, pois é onde o projeto conceitual se torna real, e por ser a base de todas as outras disciplinas necessita de uma grande quantidade de detalhes. O arquiteto é aquele quem tem a visão do projeto como um todo. Pode-se perceber pela quantidade de desenhos de arquitetura a importância de detalhes, são 35 desenhos com detalhes como: plantas do térreo à cobertura, cortes da edificação, fachadas, paginação do piso, paginação do forro, detalhes das janelas e portas, *layout* de equipamentos e utilidades, vários desenhos de paisagismo, vários desenhos de mobiliário, comunicação visual entre outros. Tudo isso dentro de uma mesma disciplina, em documentos separados sem qualquer tipo de integração paramétrica. Como uma das importâncias deste trabalho é avaliar o fluxo de informação entre as diferentes fases e não o de avaliar uma fase em específico, apenas os detalhes

mais importantes da arquitetura foram modelados. Esses detalhes são ilustrados a seguir.

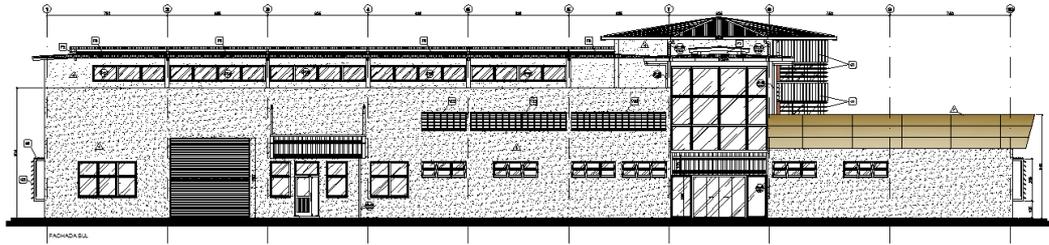


Figura 8: Fachada sul em um desenho de arquitetura.

Na Figura 8 pode-se ver que o lado oeste da construção possui dois andares, enquanto a parte leste apenas um, na fachada sul, alguns destaques como o portão para o recebimento de grande volume de amostras, diversas janelas e portas de alumínio, pode-se ver muitas janelas na cobertura melhorando a iluminação natural da galeria central, alguns brises que controlam a entrada de ar e luz, e por fim, uma das entradas na galeria principal do edifício onde encontra-se a recepção. A galeria é um grande corredor de pé direito bem alto, pois, não possui um segundo pavimento acima. O pé direito tem aproximadamente 9,50 m na parte mais baixa, e 11,20 m na parte central da galeria onde existe uma jardineira com espelho d'água. Essa galeria possui três entradas, além desta entrada pela fachada sul, ela possui entrada pelas fachadas norte e oeste. Todas essas entradas possuem grandes painéis de vidro que permitem a entrada de luz natural. Outra característica interessante é que essa galeria é um pouco mais alta que o resto da construção permitindo com isso que no topo das paredes sejam adicionados diversos painéis de vidro para uma maior entrada de luz natural. Em alguns pontos, foram adicionados brises para o controle da entrada de luz. A Figura 9 mostra o térreo em planta destacando a galeria.



### 3.4.Estrutura

As vigas e os pilares da edificação são de concreto pré-moldado (exceto as vigas do térreo, que são de concreto armado moldado no local), as lajes são do tipo *steel deck* e a estrutura do telhado é formada por perfis metálicos. As escadas e as cintas de cobertura também são moldadas no local.

A fundação conta com 170 estacas raiz com o diâmetro de 200 mm e comprimento variando entre 15 e 18,50 m. Na Figura 11, pode-se ver os blocos (código iniciado por BL) que distribuirão as cargas dos pilares para as estacas. Alguns destes blocos estão ligados por vigas do tipo baldrame que ajudam a distribuir o peso das paredes na fundação, na Figura 11 o seu código é VB. No nível 801,05 m será o piso acabado, que estará sobre um contra piso com espessura de 10 cm, assentado sob solo compactado sem função estrutural e por isso, não é mostrado na Figura 11. Ainda no térreo, um pouco acima do nível 803,57 m, tem-se as vigas de código "Ver", esse código é a abreviação de vergas que ajudam na distribuição das tensões acima das janelas de alumínio evitando que haja rachaduras nas paredes. Algumas vergas são mais altas outras mais baixas dependendo da altura das janelas ou portas de cada parede, na Figura 11 nota-se que a viga Ver.3 está mais baixa que a Ver.8 e a Ver.9. No segundo pavimento, nível 806,20 m da Figura 11, a laje é ilustrada. Ela é feita de *steel deck*, este se apóia em vigas metálicas perfis I e cantoneiras perfil L nas bordas. Esses perfis ficam apoiados nas vigas VP e as lajes *steel deck* ficam encaixadas entre essas vigas. No nível 810,78 m as vigas C fazem parte da cinta que finaliza as paredes externas. A parte central da galeria possui formato octógono, nesta área se destacam os pilares que apresentam perfis fora dos padrões como pode ser visto na Figura 12.

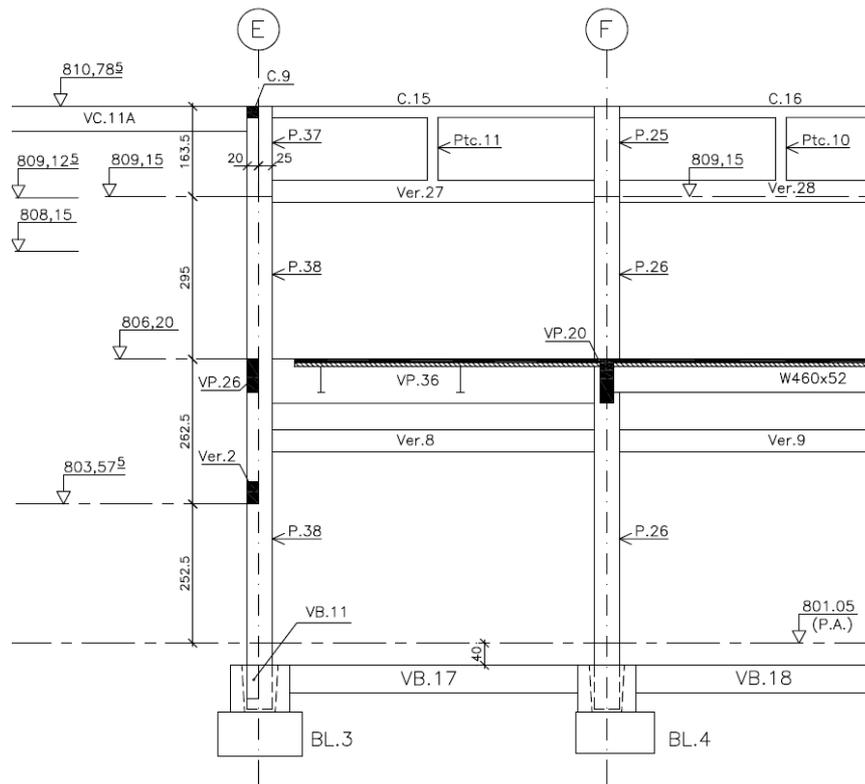


Figura 11: Corte da estrutura.

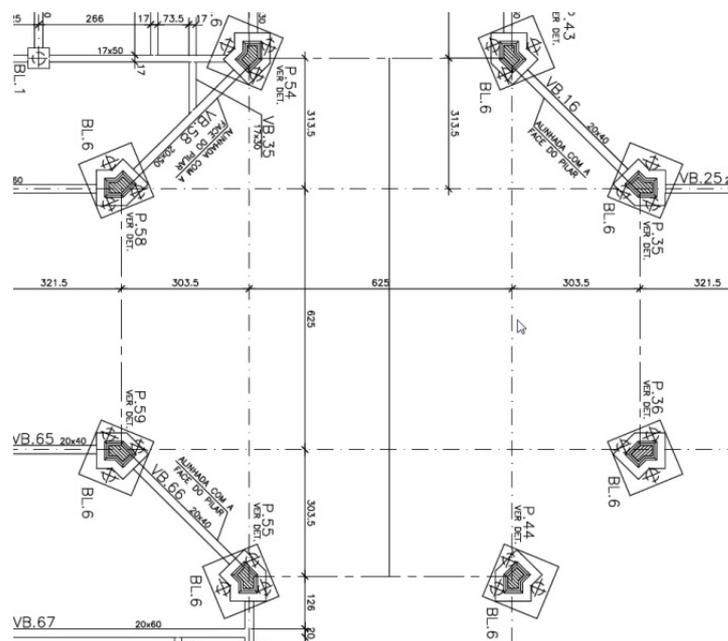


Figura 12: Hall central em forma de octógono.

Na cobertura prevalece o uso dos perfis metálicos para a estrutura do telhado. A Figura 13 mostra o arranjo da treliça que sustenta o telhado do piso técnico. A Figura 14 mostra a estrutura metálica do telhado que cobre o lado leste da edificação.

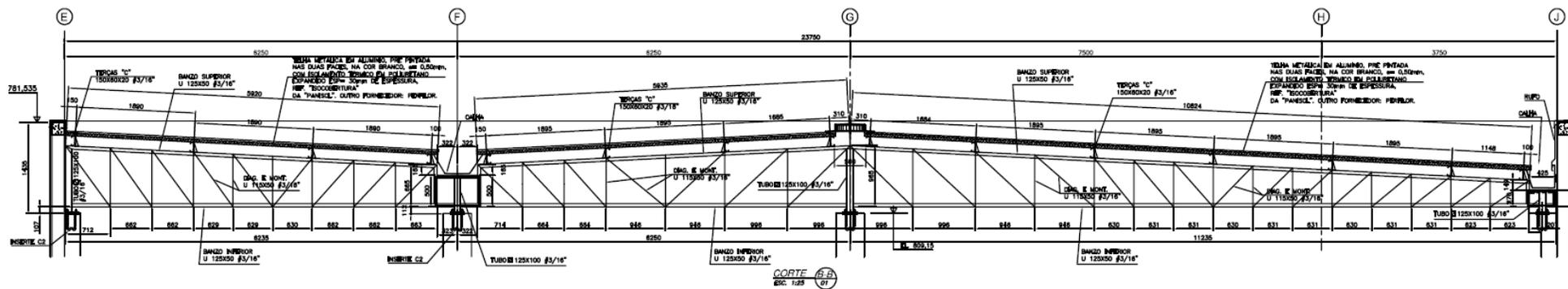


Figura 13: Treliça de sustentação do telhado.

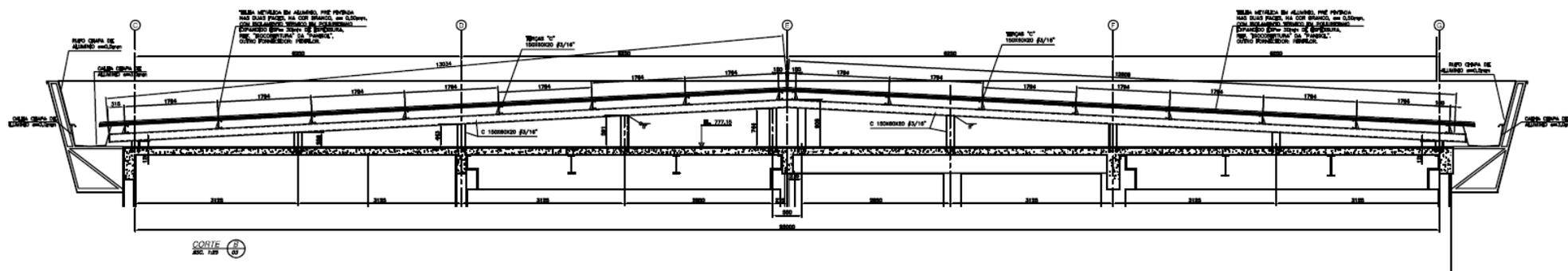


Figura 14: Estrutura metálica da parte leste da construção.

### 3.5. Instalações

As instalações de um laboratório de análises químicas de uma indústria certamente são muito complexas e envolvem diversas disciplinas. São diversos tipos de instalação tais como: Elétrica, hidráulica, esgoto, incêndio, gases especiais, tubulação de utilidades (tubulações utilizadas para transportar fluidos específicos da indústria), tubulações externas (suprimento das utilidades), ventilação e ar condicionado. Somando todas essas disciplinas têm-se um total de 182 documentos só de instalações. Além disso, todas essas tubulações, calhas e dutos precisam atender aos requisitos de circular pela edificação sem colidir com estruturas ou entre elas, o que é um trabalho árduo para os projetistas quando se usa a metodologia tradicional 2D sem parametrização. Esta seção irá mostrar apenas algumas informações relevantes sobre as instalações. A Figura 15 mostra os projetos de instalações modelados em 3D no *Revit*. Note a complexidade do projeto quando se visualiza diversas disciplinas ao mesmo tempo. É importante ressaltar que essa imagem representa apenas aproximadamente 70% das instalações já que nem tudo foi modelado nesse projeto.

Para facilitar a circulação das tubulações, os projetistas trabalham separando níveis diferentes para cada disciplina, mas nem sempre é possível seguir essas restrições. A Figura 16 mostra um dos suportes metálicos que sustentam essas tubulações. Este suporte situa-se em uma das paredes do eixo E, para este local, pode-se observar como são distribuídas as tubulações e eletrocalhas, o tubo de incêndio está a 807,24 m, a tubulação de hidráulica está no nível 807,49 m, os gases especiais estão no nível 807,74 m, o tubo de vapor está a 808,08 m, acima destes estão as eletrocalhas e acima das eletrocalhas passam os dutos de ar condicionado, exaustão e ventilação. Nos suportes é possível entender como são distribuídas as tubulações e os dutos, pois a informação da cota e posicionamento é clara. Porém, nas regiões de integração entre suportes, ou onde há desníveis, não existe um detalhamento preciso da distribuição da tubulação tornando muito complicado compreender esses detalhes em 2D e as chances de acontecer uma sobreposição entre as instalações é maior nesses pontos críticos.

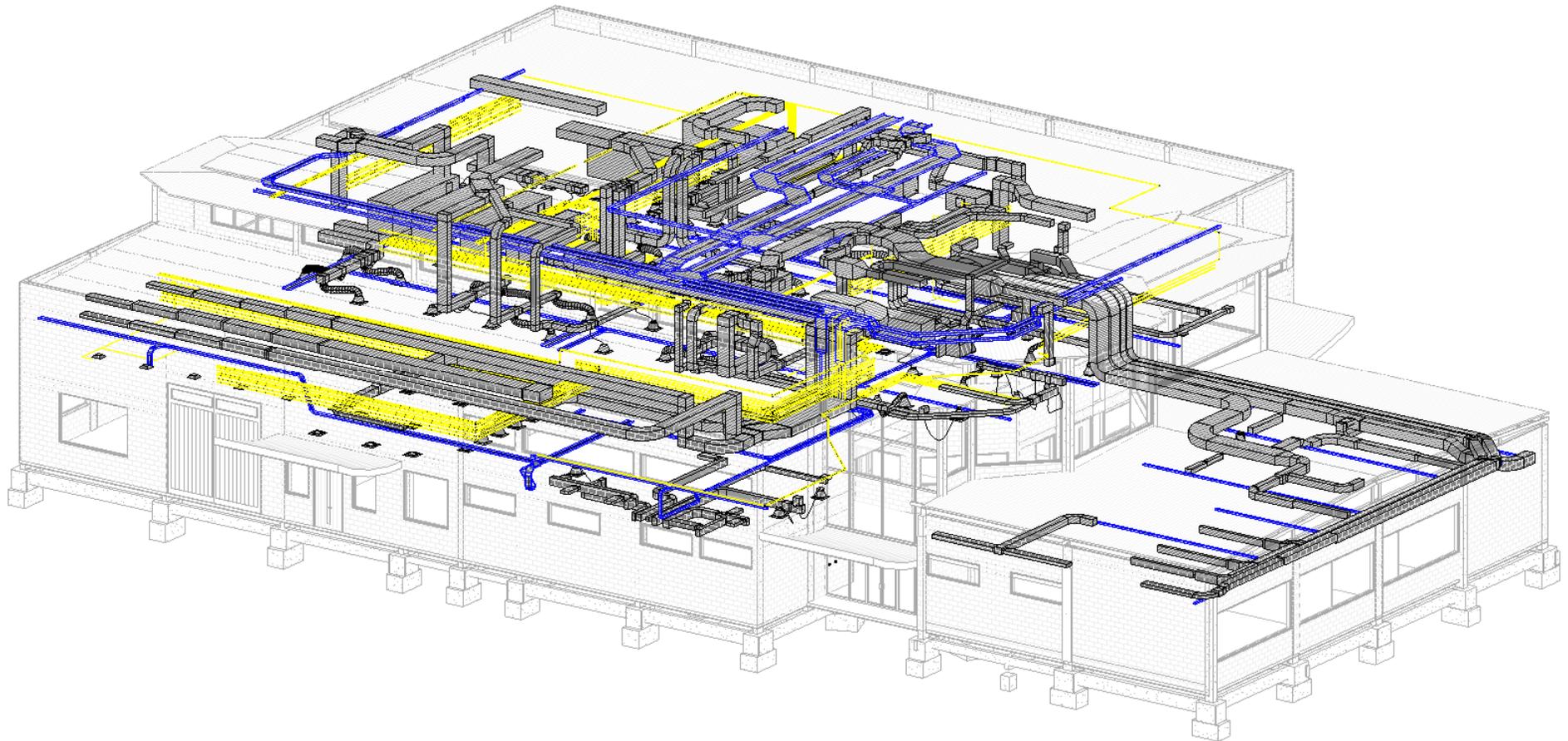


Figura 15: Modelagem das instalações da edificação no *Revit* MEP.

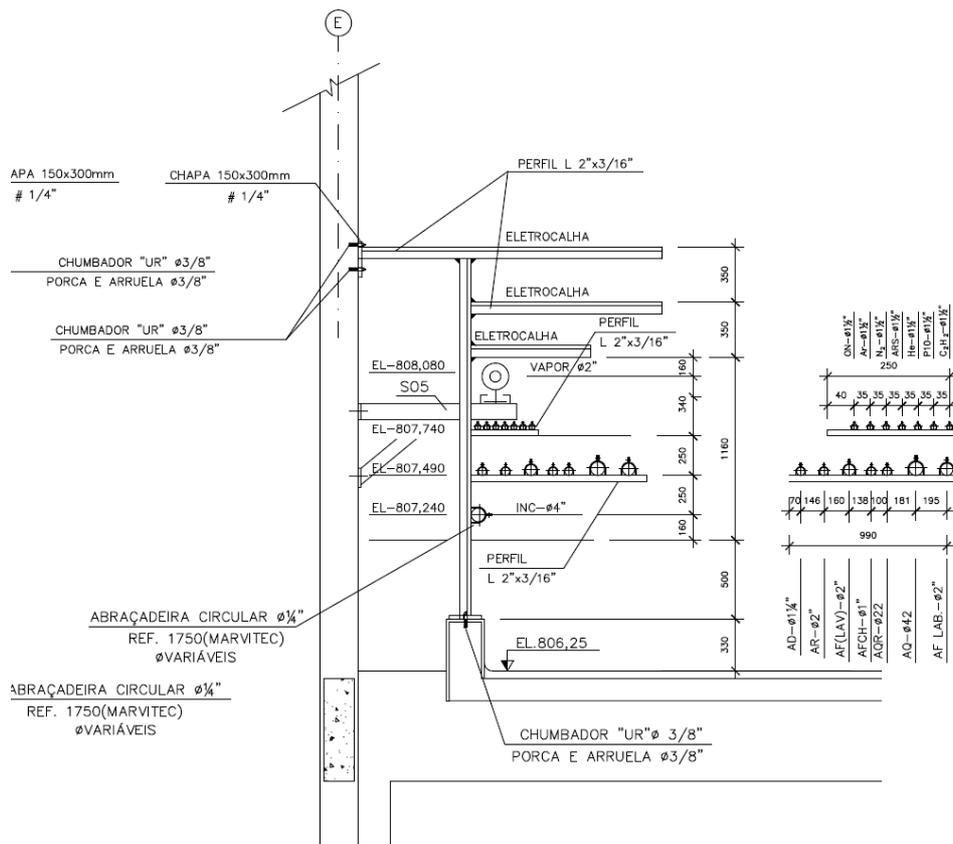


Figura 16: Suporte SPV-1 situado no eixo E do projeto.

Na Figura 17, pode-se visualizar a planta com o esquema das tubulações de gases especiais. Percebe-se que o percurso dos seis tubos ocorre sobre o suporte SP-7 no nível 808,75 m. Em alguns pontos o símbolo de um joelho mostra onde os tubos irão descer para o primeiro pavimento com um texto indicando quais fluídos estão descendo. Porém, não é possível identificar precisamente o arranjo, ou seja, como o tubo sai do suporte SP-7 e começa a descer, pois a maneira que a tubulação é representada não apresenta detalhes. Isso além de causar dúvidas durante a construção pode gerar erros nas tabelas de quantitativos já que o arranjo não está definido em nenhum desenho e depende da interpretação do responsável.

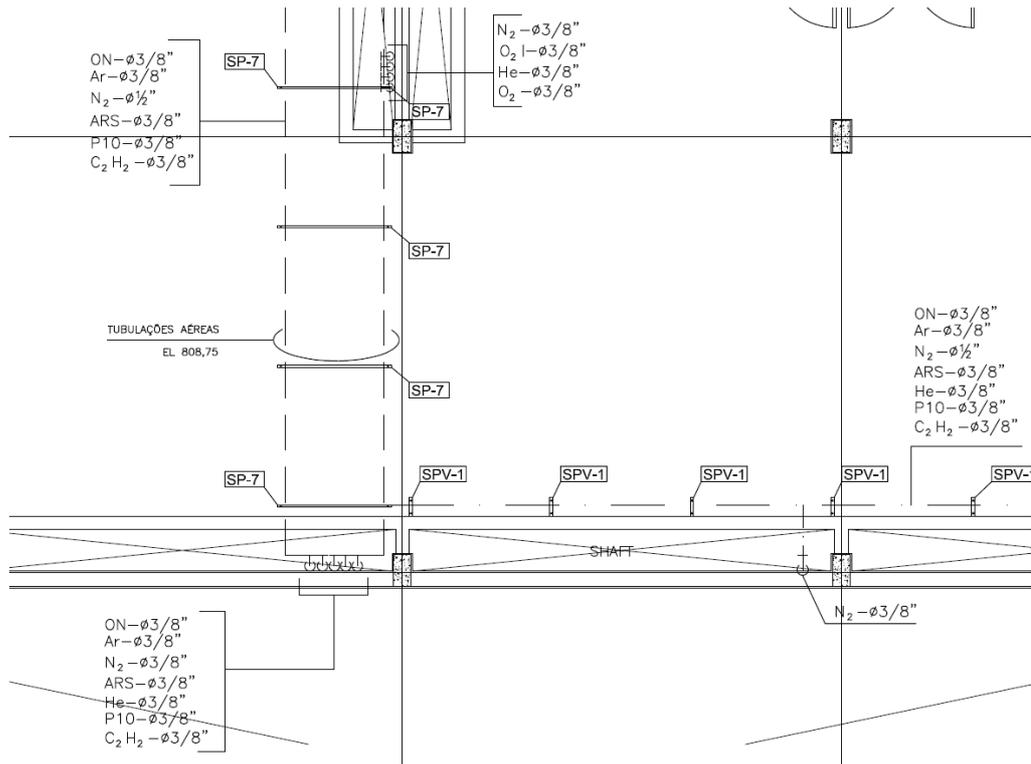


Figura 17: Pequena parte da planta de distribuição de gases especiais.

Na planta de arranjo físico dos dutos de ar condicionado e ventilação na Figura 18, pode-se observar os equipamentos, os terminais de ventilação e os dutos.

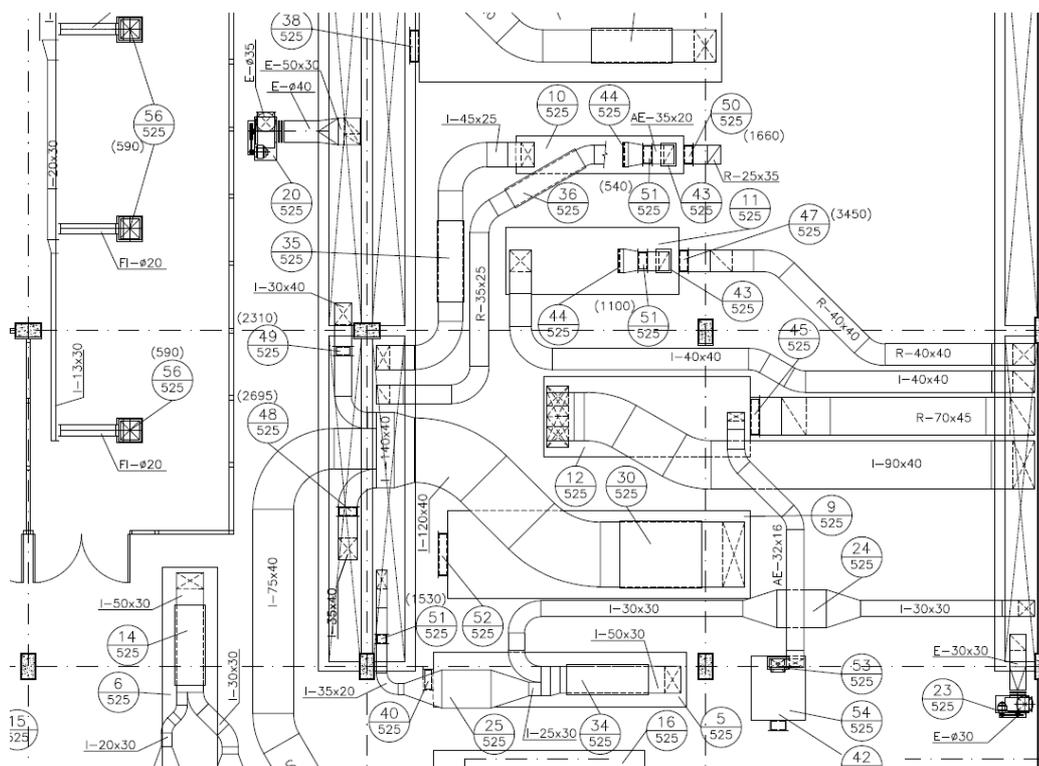


Figura 18: Pequena parte da planta de arranjo físico dos dutos de ar condicionado.

O que chama a atenção é que além de não haver desenhos de corte suficientes para mostrar todas as tubulações verticais, não há cotas, isto é, durante a construção a construtora deve montar o duto no espaço que estiver sobrando acima das outras tubulações e eletrocalhas. Essa metodologia aumenta o número de dúvidas no projeto e conseqüentemente problemas serão encontrados durante a construção, também impede que o comprimento dos dutos esteja certo na lista de quantitativos, pois não é possível ter idéia da medida exata quando se trata de um duto na vertical.

Neste capítulo, o projeto original a ser avaliado foi apresentado. Ele foi dividido nas disciplinas, arquitetura, estrutura e instalações. A partir dos arquivos recebidos com os desenhos das plantas, cortes e documentos de texto com especificações, lista de materiais o projeto foi modelado com a ferramenta *Revit* 2012. O próximo capítulo exhibe como cada etapa foi modelada utilizando esta plataforma BIM.