

**ANEXO 1 – PARTE 2**

**PROJETO BÁSICO**

## **SUMÁRIO**

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 1     | INTRODUÇÃO .....  | 3  |
| 2     | ÁREAS PROPOSTAS PARA INSTALAÇÃO DOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS.....          | 4  |
| 3     | FIXAÇÃO DOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS.....                                  | 6  |
| 3.1   | Fixação dos módulos fotovoltaicos nas estruturas das arquibancadas..... | 7  |
| 3.1.1 | OPÇÃO A – Colagem sobre Chapa metálica .....                            | 8  |
| 3.1.2 | OPÇÃO B – Manta fotovoltaica .....                                      | 8  |
| 3.2   | Fixação dos módulos fotovoltaicos sobre as outras estruturas.....       | 9  |
| 3.3   | Fixação dos módulos fotovoltaicos sobre os estacionamentos .....        | 10 |
| 4     | DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO .....                           | 11 |
| 5     | CABEAMENTO E CONEXÕES ELÉTRICAS.....                                    | 14 |
| 5.1   | Cabeamento entre módulos fotovoltaicos .....                            | 14 |
| 5.2   | Cabeamento entre módulos fotovoltaicos e inversores.....                | 15 |
| 6     | SALAS DE INVERSORES .....   | 16 |
|       | APÊNDICE 1 – DIAGRAMA UNIFILAR DO SISTEMA FOTOVOLTAICO .....            | 19 |
|       | APÊNDICE 2 – PLANTA DE LOCAÇÃO DOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS .....          | 20 |
|       | APÊNDICE 3 – SALA DOS INVERSORES.....                                   | 21 |
|       | APÊNDICE 4 – MÓDULOS FOTOVOLTAICOS .....                                | 22 |
|       | APÊNDICE 5 – INVERSORES .....   | 23 |

## 1 INTRODUÇÃO

O Projeto Básico aqui apresentado para o Sistema Fotovoltaico do Estádio Pituacu visa fornecer as informações principais acerca do projeto elétrico sugerido para o referido sistema.

Trata-se de uma sugestão de projeto com vistas a facilitar a análise e embasar as propostas das licitantes para o sistema fotovoltaico em questão. As considerações restritivas são apresentadas na Parte 1 - Especificações Técnicas deste Anexo I.

O projeto elétrico permite observar as conexões entre módulos fotovoltaicos, distribuição e agrupamento de inversores, assim como a disposição dos diversos sistemas que compõem o sistema fotovoltaico. Os sistemas propostos utilizam módulos fotovoltaicos de duas tecnologias, silício amorfo e silício multicristalino.

Os documentos que integram o Projeto Básico do sistema fotovoltaico do Estádio Pituacu são informados na

Tabela 1, com os respectivos conteúdos e descrições, bem como os Apêndices desta Parte 2 do Anexo I onde tais documentos são apresentados.

**Tabela 1: Documentos do Projeto Básico do Sistema Fotovoltaico do Estádio Pituacu**

| DOCUMENTO  | CONTEÚDO E DESCRIÇÃO  | APÊNDICE |
|--|---|----------|
| <b>Diagrama Unifilar do Sistema Fotovoltaico</b>   | Mapa de localização dos sistemas: disposição dos módulos fotovoltaicos nas coberturas disponíveis do estádio e das salas elétricas correspondentes. | 1        |
|  | Diagrama unifilar das conexões elétricas entre módulos: conexões elétricas entre módulos fotovoltaicos e inversores.                                |          |
|  | Diagrama unifilar do sistema fotovoltaico: conexões elétricas entre inversores e rede elétrica.   |          |
| <b>Planta de Locação dos Módulos Fotovoltaicos</b> | Planta geral do Estádio Pituacu com a locação dos módulos fotovoltaicos   | 2        |
| <b>Sala dos Inversores</b>                         | Disposição de inversores, janelas e portas nas salas de inversores.   | 3        |
| <b>Módulos Fotovoltaicos</b>                       | Catálogos dos módulos fotovoltaicos utilizados  | 4        |
| <b>Inversores</b>                                  | Catálogo dos inversores utilizados  | 5        |

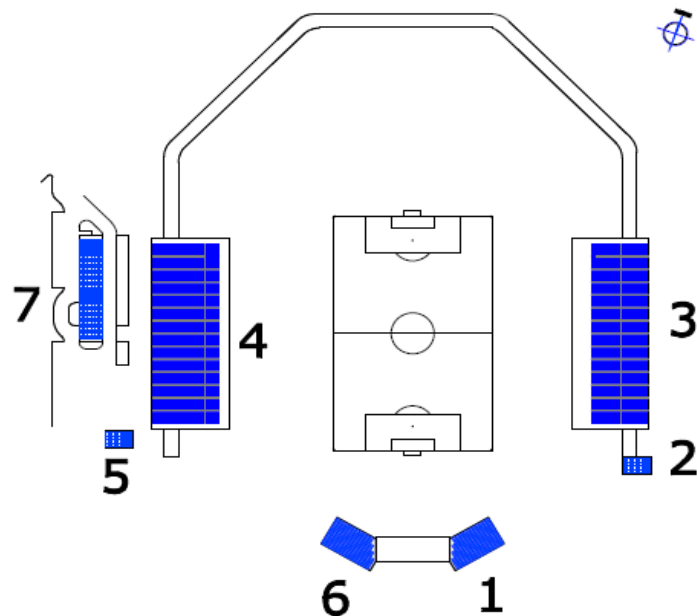
## **2 ÁREAS PROPOSTAS PARA INSTALAÇÃO DOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS**

As áreas aqui propostas para integração do sistema fotovoltaico são numeradas de 1 a 7 na Figura 1. As áreas 1 e 6 contemplam proposta de integração sobre cobertura de concreto existente, enquanto as áreas 2, 3, 4, 5 e 7, sobre estruturas metálicas. Na área 7 não há cobertura metálica construída. Caso essa área venha a ser utilizada, será necessário incluir o projeto de tal instalação na proposta apresentada pela licitante.

As cotas das áreas apresentadas na Figura 1 são informadas no Apêndice 2 desta Parte 2, devendo ser ressaltado que tais cotas não foram verificadas pela **CONTRATANTE**.

Planta geral do Estádio Pituauçu com a locação dos módulos

Escala: 1/1250



### Áreas disponíveis

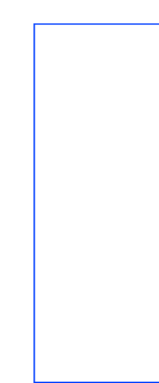
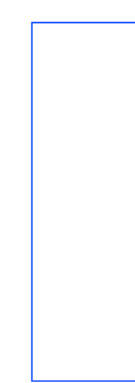
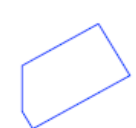
Escala: 1/500

**Área 1**  
Módulos p-Si 200W  
N= 192 módulos  
Pot= 38,4 kWp

**Área 2**  
Módulos p-Si 200W  
N= 52 módulos  
Pot= 10,4 kWp

**Área 3**  
Módulos a-Si 144W  
N= 798 módulos  
Pot= 114,912 kWp

**Área 4**  
Módulos a-Si 144W  
N= 938 módulos  
Pot= 135,72 kWp



**Área 5**  
Módulos p-Si 200W  
N= 52 módulos  
Pot= 10,4 kWp

**Área 6**  
Módulos p-Si 200W  
N= 192 módulos  
Pot= 38,4 kWp

**Área 7**  
Módulos p-si 200W  
N= 312 módulos  
Pot= 62,4

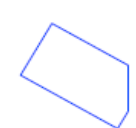


Figura 1 - Planta de cobertura do Estádio Pituauçu com indicação de áreas disponíveis para instalação de módulos fotovoltaicos

### **3 FIXAÇÃO DOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS**

O Estádio Pituaçu, como pode ser visualizado nas Figuras 2, 3 e 4, possui coberturas metálicas e em concreto. Para cada tipo de cobertura são propostas opções específicas de fixação.



**Figura 2 - Exemplo de cobertura metálica (seções principais, indicadas com os números 3 e 4 na Figura 1)**



**Figura 3 - Exemplo de cobertura metálica (indicadas com os números 2 e 5 na Figura 1)**



**Figura 4 - Exemplo de cobertura de concreto (coberturas indicadas com os números 1 e 6 na Figura 1)**

### **3.1 Fixação dos módulos fotovoltaicos nas estruturas das arquibancadas**

Na cobertura das arquibancadas (seções principais, indicadas com os números 3 e 4 na Figura 1), dependendo da solução adotada, será necessária a instalação de uma chapa metálica para fixação dos módulos fotovoltaicos. Esta superfície metálica poderá ser uma chapa de liga específica sobre a qual os módulos seriam colados, ou uma chapa metálica de metal menos nobre sobre a qual uma manta fotovoltaica seria aplicada. Estas duas opções são detalhadas a seguir. A Figura 5 mostra a colagem de módulos flexíveis, que serão utilizados na cobertura das arquibancadas, sobre uma cobertura impermeabilizada.



**Figura 5 - Colagem dos módulos flexíveis sobre cobertura impermeabilizada**



### 3.1.1 OPÇÃO A – Colagem sobre Chapa metálica

Nesta opção, os módulos fotovoltaicos serão colados a uma estrutura metálica que possui em sua cobertura uma chapa de aço de superfície plana, revestida de liga alumínio-zinco (Galvalume®, Zinalume® ou equivalente). A Figura 6 ilustra esta opção de fixação.



Figura 6 -Módulos fotovoltaicos integrados sobre estrutura metálica

### 3.1.2 OPÇÃO B – Manta fotovoltaica

No mercado internacional existem módulos fotovoltaicos flexíveis que já são comercializados integrados sobre membranas plásticas, desempenhando a mesma função de um adesivo plástico impermeabilizante com a função adicional de gerar energia elétrica. Essas membranas plásticas solares são normalmente fixadas mecanicamente em coberturas de edificações já existentes por meio de parafusos prendedores. A estrutura metálica, neste caso, dará sustentação para que a manta fique corretamente esticada, sem sofrer flexão. Na Figura 7 é mostrado um exemplo de manta fotovoltaica.

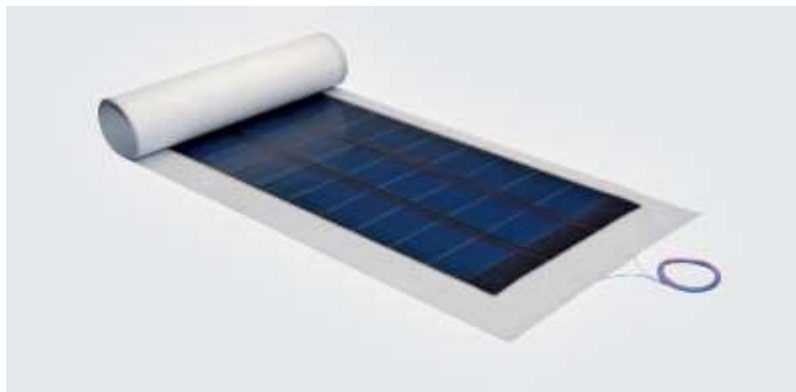


Figura 7 - Manta Fotovoltaica (módulo fotovoltaico integrado a manta impermeabilizante)



### **3.2 Fixação dos módulos fotovoltaicos sobre as outras estruturas**

Nas outras coberturas (seções 1, 2, 5, 6 e 7 da Figura 1), os módulos fotovoltaicos poderão adotar a mesma opção de integração das arquibancadas, ou utilizar estruturas metálicas com perfilados de alumínio. Estes perfilados são frequentemente utilizados no mercado internacional, devido à facilidade e flexibilidade de instalação. A Figura 8 mostra um sistema de montagem utilizando este tipo de estrutura.



**Figura 8 - Estrutura metálica para sistemas fotovoltaicos utilizando perfilados de alumínio**

Neste tipo de estrutura metálica, pilaretes metálicos fornecem suporte a toda estrutura. Os pilaretes, que podem ser vistos na Figura 9, serão fixados na cobertura de concreto e um adequado tratamento de impermeabilização será realizado de maneira a evitar infiltrações.



**Figura 9 - Pilaretes metálicos de suporte para as estruturas metálicas do sistema fotovoltaico**

### **3.3 Fixação dos módulos fotovoltaicos sobre os estacionamentos**

A área de estacionamento do Estádio Pituaçu ainda não possui coberturas que possibilitem integrar os módulos fotovoltaicos. As estruturas metálicas que poderão cobrir os estacionamentos irão manter a zona de circulação de veículos livre. A área sudoeste do estacionamento não foi considerada disponível para instalação de coberturas fotovoltaicas, de maneira a permitir a parada de veículos de transmissão de vídeo com altura elevada. A Figura 10 ilustra um estacionamento utilizando energia solar integrada sobre sua cobertura e a Figura 11 ilustra uma estrutura metálica típica deste sistema.



**Figura 10 - Estacionamento com cobertura de módulos fotovoltaicos**



**Figura 11 - Estrutura metálica de um estacionamento com cobertura de módulos fotovoltaicos**

#### 4 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO

O sistema fotovoltaico proposto para o Estádio Pituvaçu utiliza módulos fotovoltaicos de duas tecnologias: silício amorfo e silício multicristalino. A escolha das tecnologias e dos modelos de módulos fotovoltaicos foi feita levando-se em consideração o custo e a credibilidade dos fabricantes no que diz respeito à garantia dos módulos (20 a 25 anos). Os módulos fotovoltaicos foram propostos de maneira a que se atinja no mínimo a potência requerida de 400 kWp, respeitando-se as cargas máximas suportadas pelas estruturas. O sistema foi dimensionado de maneira que os módulos fotovoltaicos possam operar entre temperaturas de +10 e +80 °C sem ultrapassar os limites de tensão/corrente de operação do inversor.

Alguns dos módulos fotovoltaicos indicados neste Projeto Básico não desempenham função elétrica no sistema fotovoltaico, sendo instalados somente para compor as áreas sem que haja comprometimento da integração arquitetônica. Isto acontece quando há impossibilidade de associar eletricamente todos os módulos do sistema fotovoltaico. Estes módulos recebem o nome de módulos *dummy*.

A topologia dos inversores propostos para o sistema fotovoltaico é do tipo mini-central, com potência máxima de 10 kW. Com inversores deste porte, eventuais reparos ou substituições nos equipamentos são feitos com maior velocidade reduzindo o *downtime* de operação. Por serem de pequeno porte, o custo de equipamentos reservas tende a ser menor, se comparado aos custos de grandes inversores centrais. Além de facilidade na manutenção, inversores de pequeno porte garantem maior eficiência global do sistema devido a menores perdas por *mismatching* (não homogeneidade entre a potência máxima de módulos individuais "idênticos").

As Tabelas 2 e 3 descrevem, respectivamente, as características técnicas dos módulos fotovoltaicos e inversor propostos para o sistema sugerido.

**Tabela 2 - Módulos fotovoltaicos comercialmente disponíveis selecionados para a integração na cobertura do Estádio Pituvaçu com correspondentes dimensões e características elétricas**

| Fabricante      | Modelo   | Tecnologia      | Comprimento (m) | Largura (m) | Área (m <sup>2</sup> ) | Potência Nominal (Wp) | Eficiência (%) |
|-----------------|----------|-----------------|-----------------|-------------|------------------------|-----------------------|----------------|
| <b>Unisolar</b> | PVL-144  | a-Si (flexível) | 5,486           | 0,394       | 2,16                   | 144                   | 6,7%           |
| <b>Suntech</b>  | Pluto200 | m-Si            | 1,580           | 0,808       | 1,28                   | 200                   | 15,7%          |

**Tabela 3 - Inversor fotovoltaico selecionado para o sistema fotovoltaico do Estádio Pituvaçu com correspondentes dimensões e características elétricas**

| Fabricante | Modelo      | Topologia                       | Comprimento (cm) | Largura (cm) | Potência C.A (W) | Eficiência Européia (%) | Eficiência Máxima (%) |
|------------|-------------|---------------------------------|------------------|--------------|------------------|-------------------------|-----------------------|
| <b>SMA</b> | SMC 10000TL | Descentralizado<br>Mini Central | 61,3             | 46,8         | 10.000           | 97,5%                   | 98,0%                 |

As Tabelas 4 e 5 mostram, respectivamente, os subsistemas conectados às Subestações 2 e 3 do Estádio Pituáçu, bem como as características elétricas dos sistemas fotovoltaicos propostos para cada uma das áreas do estádio.

**Tabela 4 - Características elétricas dos subsistemas conectados à Subestação 3**

| Subestação 3         |                  |                            |             |                 |                      |                                      |                          |                      |                         |                     |                                     |                                |
|----------------------|------------------|----------------------------|-------------|-----------------|----------------------|--------------------------------------|--------------------------|----------------------|-------------------------|---------------------|-------------------------------------|--------------------------------|
| Área 4               |                  |                            |             |                 |                      |                                      |                          |                      |                         |                     |                                     |                                |
| Fabricante Módulo FV | Módulo FV Modelo | Potência do Módulo FV (Wp) | Qtde (unid) | Inversor Modelo | Inversor Qtde (unid) | Potência C.C nominal do Inversor (W) | Potência Arranjo FV (Wp) | Conexão Série (unid) | Conexão Paralelo (unid) | Potência Total (Wp) | Número de módulos utilizados (unid) | Número de módulos Dummy (unid) |
| Unisolar             | PLV 144          | 144                        | 938         | SMC 10000 TL    | 13                   | 10.350                               | 10.368                   | 12                   | 6                       | 134.784             | 936                                 | 2                              |
| Área 5               |                  |                            |             |                 |                      |                                      |                          |                      |                         |                     |                                     |                                |
| Fabricante Módulo FV | Módulo FV Modelo | Potência do Módulo FV (Wp) | Qtde (unid) | Inversor Modelo | Inversor Qtde (unid) | Potência C.C nominal do Inversor (W) | Potência Arranjo FV (Wp) | Conexão Série (unid) | Conexão Paralelo (unid) | Potência Total (Wp) | Número de módulos utilizados (unid) | Número de módulos Dummy (unid) |
| Suntech              | PLUTO 200        | 200                        | 52          | SMC 10000 TL    | 1                    | 10.350                               | 10.400                   | 13                   | 4                       | 10.400              | 52                                  | 0                              |
| Área 7               |                  |                            |             |                 |                      |                                      |                          |                      |                         |                     |                                     |                                |
| Fabricante Módulo FV | Módulo FV Modelo | Potência do Módulo FV (Wp) | Qtde (unid) | Inversor Modelo | Inversor Qtde (unid) | Potência C.C nominal do Inversor (W) | Potência Arranjo FV (Wp) | Conexão Série (unid) | Conexão Paralelo (unid) | Potência Total (Wp) | Número de módulos utilizados (unid) | Número de módulos Dummy (unid) |
| Suntech              | PLUTO 200        | 200                        | 312         | SMC 10000 TL    | 6                    | 10.350                               | 10.400                   | 13                   | 4                       | 62.400              | 312                                 | 0                              |

Tabela 5 -Características elétricas dos subsistemas conectados à Subestação 2

| Subestação 2         |                  |                            |             |                 |                      |                                     |                          |                      |                         |                     |                                     |                                |
|----------------------|------------------|----------------------------|-------------|-----------------|----------------------|-------------------------------------|--------------------------|----------------------|-------------------------|---------------------|-------------------------------------|--------------------------------|
| Área 1               |                  |                            |             |                 |                      |                                     |                          |                      |                         |                     |                                     |                                |
| Fabricante Módulo FV | Módulo FV Modelo | Potência do Módulo FV (Wp) | Qtde (unid) | Inversor Modelo | Inversor Qtde (unid) | PotênciaC.C nominal do Inversor (W) | Potência Arranjo FV (Wp) | Conexão Série (unid) | Conexão Paralelo (unid) | Potência Total (Wp) | Número de módulos utilizados (unid) | Número de módulos Dummy (unid) |
| Suntech              | PLUTO 200        | 200                        | 192         | SMC 10000 TL    | 4                    | 10.350                              | 9.600                    | 12                   | 4                       | 38.400              | 192                                 | 0                              |
| Área 2               |                  |                            |             |                 |                      |                                     |                          |                      |                         |                     |                                     |                                |
| Fabricante Módulo FV | Módulo FV Modelo | Potência do Módulo FV (Wp) | Qtde (unid) | Inversor Modelo | Inversor Qtde (unid) | PotênciaC.C nominal do Inversor (W) | Potência Arranjo FV (Wp) | Conexão Série (unid) | Conexão Paralelo (unid) | Potência Total (Wp) | Número de módulos utilizados (unid) | Número de módulos Dummy (unid) |
| Suntech              | PLUTO 200        | 200                        | 52          | SMC 10000 TL    | 1                    | 10.350                              | 10.400                   | 13                   | 4                       | 10.400              | 52                                  | 0                              |
| Área 3               |                  |                            |             |                 |                      |                                     |                          |                      |                         |                     |                                     |                                |
| Fabricante Módulo FV | Módulo FV Modelo | Potência do Módulo FV (Wp) | Qtde (unid) | Inversor Modelo | Inversor Qtde (unid) | PotênciaC.C nominal do Inversor (W) | Potência Arranjo FV (Wp) | Conexão Série (unid) | Conexão Paralelo (unid) | Potência Total (Wp) | Número de módulos utilizados (unid) | Número de módulos Dummy (unid) |
| Unisolar             | PLV 144          | 144                        | 798         | SMC 10000 TL    | 11                   | 10.350                              | 10.368                   | 12                   | 6                       | 114.048             | 792                                 | 6                              |
| Área 6               |                  |                            |             |                 |                      |                                     |                          |                      |                         |                     |                                     |                                |
| Fabricante Módulo FV | Módulo FV Modelo | Potência do Módulo FV (Wp) | Qtde (unid) | Inversor Modelo | Inversor Qtde (unid) | PotênciaC.C nominal do Inversor (W) | Potência Arranjo FV (Wp) | Conexão Série (unid) | Conexão Paralelo (unid) | Potência Total (Wp) | Número de módulos utilizados (unid) | Número de módulos Dummy (unid) |
| Suntech              | PLUTO 200        | 200                        | 192         | SMC 10000 TL    | 4                    | 10.350                              | 9.600                    | 12                   | 4                       | 38.400              | 192                                 | 0                              |

## 5 CABEAMENTO E CONEXÕES ELÉTRICAS

### 5.1 Cabeamento entre módulos fotovoltaicos

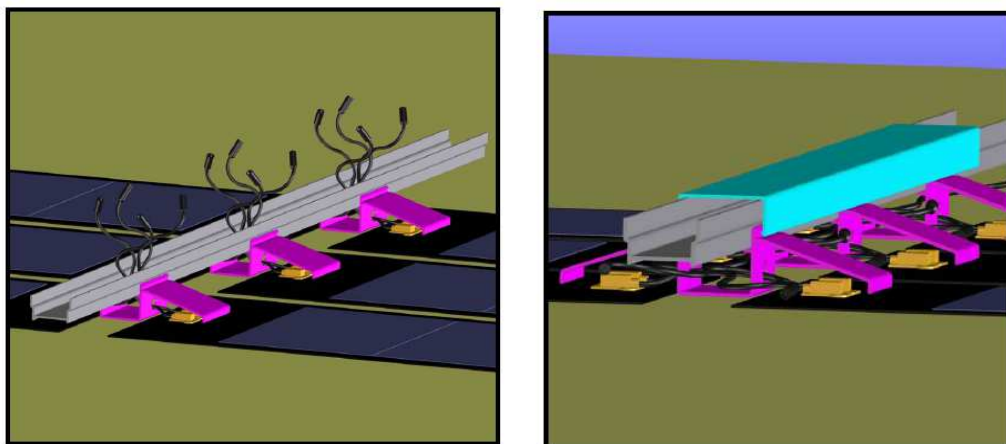
Os módulos fotovoltaicos são conectados eletricamente entre si de modo a atingirem níveis de tensão e corrente compatíveis com o inversor. Estas conexões são realizadas utilizando os próprios cabos elétricos dos módulos fotovoltaicos.

Em sistemas utilizando módulos fotovoltaicos com terminais elétricos na face inferior (ou seja, na face "sombreada" do módulo), este cabeamento é consequentemente realizado pela face inferior do módulo fotovoltaico. Na Figura 12 é possível observar o cabeamento destes módulos.



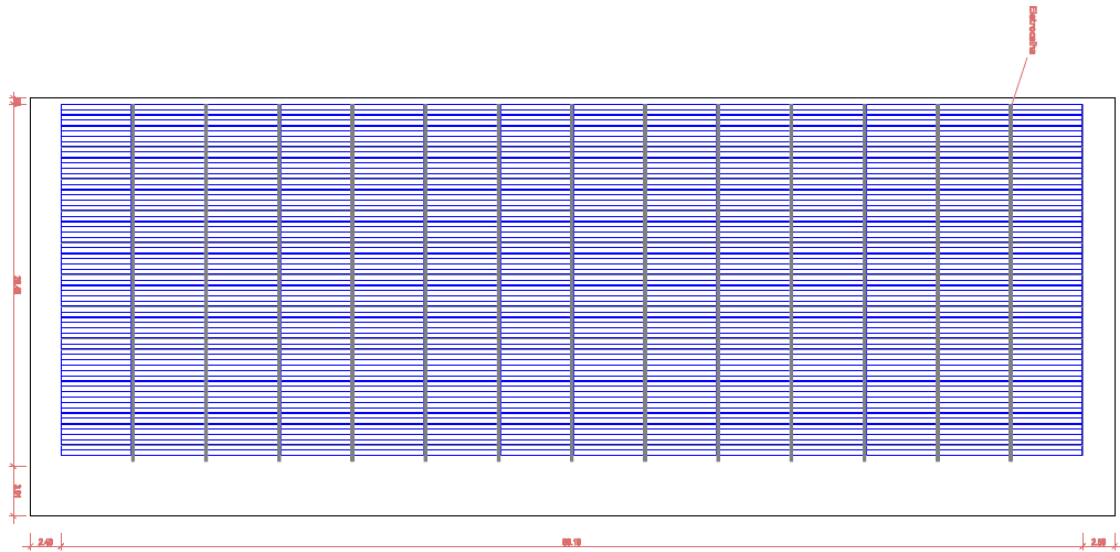
**Figura 12 - Terminais elétricos e cabos, para módulos fotovoltaicos com terminais na face inferior**

Para módulos fotovoltaicos que apresentem seus terminais elétricos na face superior, tais terminais e os respectivos cabos devem ser abrigados em eletrocalhas e/ou eletrodutos, de maneira a não expor nem terminais nem cabos elétricos diretamente à luz do sol. A Figura 13 mostra este tipo de situação e a Figura 14 ilustra estas eletrocalhas distribuídas pelo sistema fotovoltaico proposto para áreas de números 3 e 4 na Figura 1.



**Figura 13 - Proteção de terminais elétricos e cabos, para módulos fotovoltaicos com terminais na face superior**



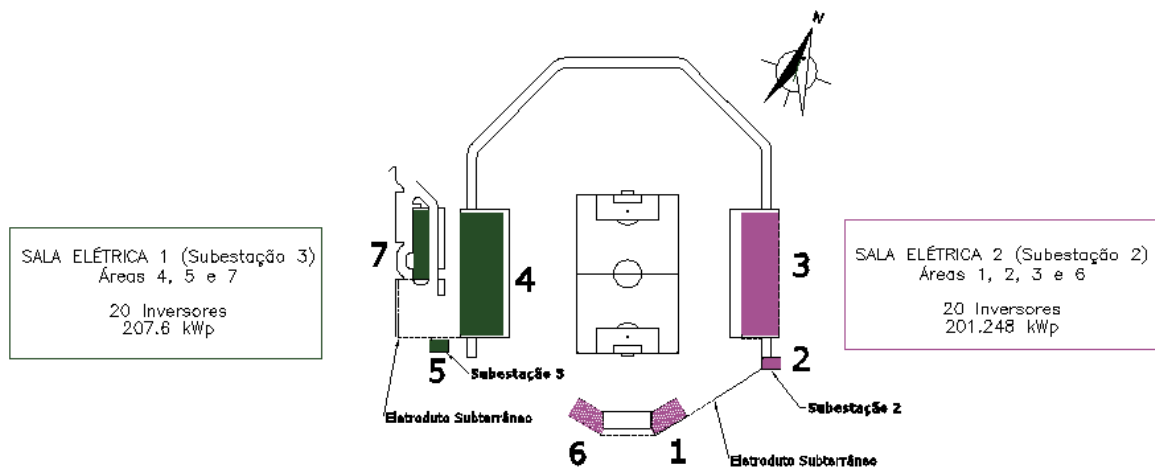


**Figura 14 – Distribuição das eletrocalhas do sistema fotovoltaico proposto para áreas de números 3 e 4 na Figura 1**

## 5.2 Cabeamento entre módulos fotovoltaicos e inversores

O cabeamento elétrico dos módulos fotovoltaicos – independente se os terminais estão na parte superior ou inferior desses módulos – é agrupado e levado até os inversores. Este cabeamento é conduzido e protegido por meio de eletrocalhas e/ou eletrodutos.

Para as coberturas 1 e 6 da Figura 1, o cabeamento será conduzido por meio de eletrodutos subterrâneos. A Figura 15 mostra a distribuição dos sistemas na cobertura e as áreas onde serão alocados os eletrodutos subterrâneos.



**Figura 15 - Distribuição dos sistemas na cobertura e áreas onde serão alocados os eletrodutos subterrâneos**



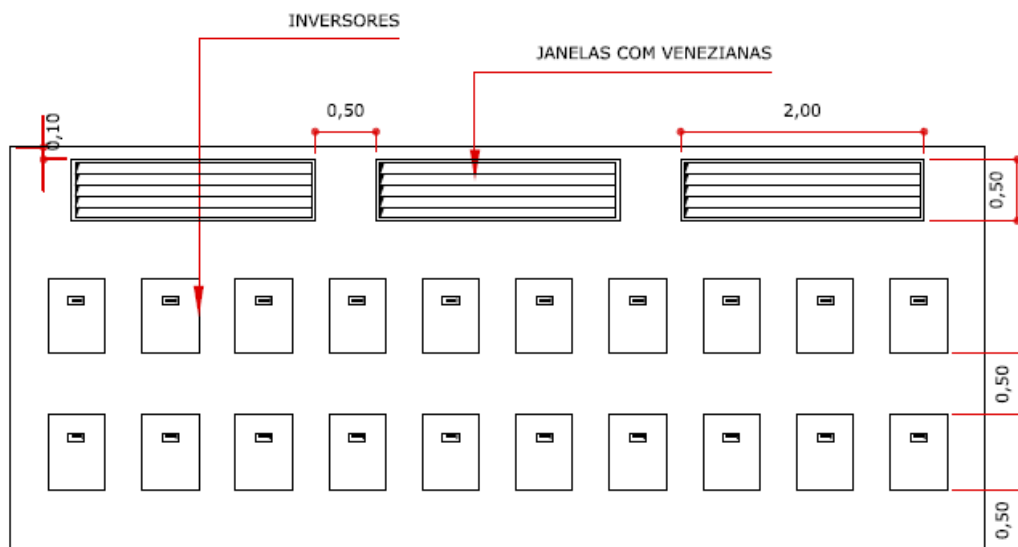
## 6 SALAS DE INVERSORES

Inversores fotovoltaicos são os equipamentos eletroeletrônicos responsáveis pela conversão da energia em corrente contínua, gerada pelos módulos fotovoltaicos, em energia em corrente alternada a ser disponibilizada para a rede elétrica pública.

O sistema fotovoltaico proposto para o Estádio Pituáçu tem 40 inversores instalados em duas salas elétricas, cada uma abrigando 20 inversores. As salas elétricas são alocadas nas salas que seriam destinadas aos grupos geradores nas subestações 2 e 3.

O sistema será interligado na rede elétrica interna do estádio. A saída dos inversores será conectada no secundário, baixa tensão, dos transformadores já existentes na subestação. Cada subsistema de aproximadamente 200 kWp será conectado a um transformador de 225 kVA.

Os detalhes das salas elétricas são expostos no Apêndice 3 - Sala dos Inversores desta Parte 2. Na Figura 16 é possível observar alguns dos detalhes da distribuição dos inversores nestas salas.



**Figura 16 - Espaçamentos, distribuição e ventilação da sala dos inversores**

Além dos inversores, quadros elétricos de comando, medidores de energia e dispositivos de proteção e seccionamento serão alocados também nas salas dos grupos geradores. A Figura 17 ilustra de que modo estes equipamentos são instalados dentro de uma subestação.



**Figura 17 - Sala de inversores de um sistema fotovoltaico**

## **APÊNDICES**

APÊNDICE 1 - DIAGRAMA UNIFILAR DO SISTEMA FOTOVOLTAICO

APÊNDICE 2 - PLANTA DE LOCAÇÃO DOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

APÊNDICE 3 - SALA DOS INVERSORES

APÊNDICE 4 - MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

APÊNDICE 5 - INVERSORES

**APÊNDICE 1**  
**DIAGRAMA UNIFILAR DO SISTEMA FOTOVOLTAICO**

**APÊNDICE 2**  
**PLANTA DE LOCAÇÃO DOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS**

**APÊNDICE 3**  
**SALA DOS INVERSORES**

**APÊNDICE 4**  
**MÓDULOS FOTOVOLTAICOS**



**APÊNDICE 5**  
**INVERSORES**