



## **SISTEMA FOTOVOLTAICO “OFF-GRID” PARA UNIDADES DE RESGATE: UM ESTUDO DE VIABILIDADE COM APOIO DE MODELAGEM E SIMULAÇÃO**

**Dyana Cristina Nazário Gontijo (Centro Universitário de Belo Horizonte)**  
[dyanagontijo@yahoo.com.br](mailto:dyanagontijo@yahoo.com.br)

**Flávia Aparecida Ferreira de Oliveira (Centro Universitário de Belo Horizonte)**  
[flaviaafoliveira@gmail.com](mailto:flaviaafoliveira@gmail.com)

**Henes Anselmo dos Santos (Centro Universitário de Belo Horizonte)**  
[henesanselmo@yahoo.com.br](mailto:henesanselmo@yahoo.com.br)

**Vladimir Alexei Rodrigues Rocha (Universidade Federal de Minas Gerais)**  
[vla.alexei@gmail.com](mailto:vla.alexei@gmail.com)

**Flávio Henrique Batista de Souza (Centro Universitário de Belo Horizonte)**  
[flabasouza@yahoo.com.br](mailto:flabasouza@yahoo.com.br)

*Recursos utilizados para a prestação de serviços de saúde devem ser eficientes e eficazes, pois do contrário, vidas são perdidas. Uma Unidade de Resgate (UR), é de vital importância, pois é por meio de um pré-atendimento que pessoas podem ser salvas. Essa é composta por diversos equipamentos que oferecem recursos para o cuidado imediato e ininterrupto do paciente, minimizando riscos de sequelas e traumas. No Brasil, a incidência solar é considerável, se comparada com outros países. Dentre as fontes de energias renováveis destaca-se a energia solar, cuja aplicação não é considerada complexa e o custo de manutenção acessível. Considerando a UR de caráter emergencial, o desenvolvimento de um sistema fotovoltaico “off-grid” para alimentação dos equipamentos que a compõe. O sistema fotovoltaico tem a proposta de entrar em operação para fornecer este suporte necessário. Dessa forma, em contato com o Corpo de bombeiros militar de Minas Gerais, foi desenvolvido o estudo da viabilidade de um sistema fotovoltaico que atenda a interrupção de energia da UR com a inclusão das placas solares, que é capaz de suprir a falta de energia da bateria existente. O mesmo se tornou viável, pela simplicidade de instalação e custo praticável. Além disso, um simulador de demandas, baseado nas redes de Petri, foi desenvolvido para um controle de ações e estoque da prestação do serviço proposto, como ferramenta de apoio à decisão.*

*Palavras-chave: Unidade de Resgate, Energia Fotovoltaica, Redes de Petri.*

## 1. Introdução

O Art. 196 da Constituição Federal preconiza: “*A saúde é direito de todos e dever do Estado, garantido mediante políticas sociais e econômicas que visem à redução do risco de doença e de outros agravos e ao acesso universal e igualitário às ações e serviços para sua promoção, proteção e recuperação*” (CONSTITUIÇÃO FEDERAL 1988). Com o advento da COVID-19, o ministério da saúde tem buscado desenvolver ações para priorizar o atendimento pré-hospitalar em ambulâncias (SHELLHAAS et al., 2020). O que se observa, entretanto, é que apesar destes impositivos legais, a população, no que diz respeito à acessibilidade, ainda está longe de alcançar este objetivo (MACHADO et al., 2020).

O serviço de atendimento móvel pré-hospitalar é prestador de atendimento aos setores públicos e corporativos através de UR's (Unidades de Resgate), que são furgões adaptados. Utilizou-se como referência a UR do CBMMG (Corpo de bombeiros militar de Minas Gerais), que são constituídas numa viatura de emergência tripulada por três bombeiros técnicos em emergências médicas, que atuam nos acidentes com a múltipla função de efetuar o salvamento, o atendimento de suporte básico da vida e o transporte das vítimas a um hospital.

Considerando o caráter de confiabilidade da alimentação dos equipamentos da UR, o desenvolvimento e inserção de um sistema fotovoltaico “off-grid” se torna possível e necessário, elevando as condições de segurança e eficiência operacional dos aparelhos, que no caso de uma falha nas baterias, a energia solar pode ser convertida em energia elétrica.

O sistema opera instantaneamente para fornecer o suporte necessário, que não traga risco ao atendimento do paciente, por motivo de interrupção do funcionamento dos aparelhos. Um dos fatores agregados a um projeto é o controle de estoque dos materiais considerados insumos.

Assim, o objetivo geral desta pesquisa é analisar a viabilidade de uma UR com a aplicação de tecnologias de coleta de energia solar. Tal avaliação contempla um estudo através da Modelagem e Simulação via Redes de Petri, para conduzir e orientar estoques de materiais.

Como objetivos específicos, busca-se: desenvolver um projeto de energia fotovoltaica para reduzir falhas no fornecimento de energia com uma fonte auxiliar para “backup” na alimentação dos equipamentos; modelar e simular via redes de Petri uma ferramenta de controle de insumos para adaptação de URs.

A temática já é abordada e continua em foco na literatura, como: o projeto ambulância verde de Apodaca-Madrid e Newman (2010); o estudo da viabilidade de um sistema fotovoltaico “off-grid” em UTI's móveis para fornecimento de energia elétrica de Parminondi (2018); além de Vieira et al (2020) que demonstra um simulador baseado em redes de Petri para controle de

estoque de projetos fotovoltaicos residenciais. Os mesmos serviram de inspiração para a nova modelagem proposta neste artigo.

A pesquisa considera a fato de que o Brasil é um país de grande incidência solar, e observa uma expansão dos casos de grandes empreendimentos para geração de energia elétrica. A partir da energia fotovoltaica se justifica pela não existência de sistema de alimentação para equipamentos internos, através de uma fonte auxiliar para “backup”, em casos de falhas, e por isso é de grande contribuição para sociedade (ANEEL, 2020).

## **2. Fundamentos Teóricos**

### **2.1 Serviço De Atendimento Móvel Para Saúde**

Segundo Giglio-Jacquemot (2005) o Serviço de Atendimento Móvel ou a UR foi o primeiro componente da Política Nacional de Atenção às Urgências implantado no país no começo dos anos 2000. Veículos para atendimento a emergências médicas e resgate devem assegurar tanto a integridade das vítimas quanto dos profissionais (NBR 14561, 2000, 4).

Trata-se de um serviço de socorro pré-hospitalar móvel. Todavia, a grande demanda por esse serviço e a redução significativa dos recursos humanos, materiais e financeiros tornou a gestão na saúde uma atividade bastante complexa, principalmente nos municípios do interior, com baixa renda per capita (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2020).

### **2.2 Sistemas Fotovoltaicos Autônomos e Equipamentos Móveis**

Sistema “off grid” (sistema isolado ou autônomo), caracteriza-se pelo “auto sustento” por meio de baterias. Não há conexão com a rede elétrica da concessionária.

De acordo com Parminondi (2018), os veículos elétricos híbridos, associados aos painéis fotovoltaicos, relevantes principalmente pela produção de eletricidade através de uma fonte de energia gratuita e amplamente difundida, a solar.

Deve-se ter uma atenção à integração de painéis fotovoltaicos em veículos de atendimento pré-hospitalar móvel, que trata esse trabalho, para produção de eletricidade, por vários motivos, dentre eles: o grau de eletrificação deverá crescer significativamente nos próximos anos em termos de distribuição de frotas; a melhoria considerável na eficiência dos painéis solares foi alcançada; e houve redução significativa em seus custos devido ao seu uso estar se popularizando no Brasil.

### **2.3 Redes De Petri**

A Rede de Petri é uma técnica de modelagem que utiliza redes em um mecanismo de transferência de fichas de um fluxo, controlado por condições existentes nas tarefas (eventos). Estruturalmente, segundo Cassandras (2009), são formadas por:

- Lugares ( $P$ ): círculos que simbolizam os estados do sistema, podendo habilitar ou não uma transição;
- Tokens ou Ficha: pontos que sinalizam os estados em que o sistema se encontra.
- Transições ( $T$ ): retângulos ou quadrados, modelam atividades que alteram os valores de condições e objetos, ou seja, representam os eventos;
- Arcos: interconexão de lugares a transições e transições a lugares.

A Figura 2 demonstra um exemplo de redes de petri com dois lugares e uma transição.

Figura 2 – Exemplo de redes de Petri



Fonte: Vieira et al. (2020)

### 3. Metodologia

Durante a pesquisa, avaliou-se o atual cenário, observando dados relacionados às necessidades do setor da Saúde, e procedimentos empregados na implantação de um sistema fotovoltaico em automóveis.

Foi feita uma visita ao CBMMG para verificar a necessidade da implantação de um sistema fotovoltaico na unidade móvel ou UR da corporação. No local, também foi feito o levantamento dos aparelhos elétricos, os quais serão energizados via energia solar.

Após tal referenciamento, foram desenvolvidos diagramas e fluxogramas que apontam suas atividades e recursos necessários.

Através de um estudo de caso, foi definido o uso do simulador com base em redes de Petri, levando em consideração um projeto padrão de sistema de alimentação solar, para conexão com os equipamentos de baixa tensão. A partir do simulador pretende-se apoiar a tomada de decisão durante a implantação de projetos.

### 4. Resultados

#### 4.1 Avaliação de Cenário e Equipamentos

Como descrito, foi desenvolvido um sistema fotovoltaico autônomo em UR móvel do CBMMG, visando suprir o fornecimento de energia elétrica em caso de interrupção na bateria existente ou como suporte extra a ocorrências mais complexas.

Tendo em vista que esses veículos rodam por dia uma média de 300 km, diagnosticado durante a visita ao 3º BBM, e os militares tem como base para carregamento via tomada apenas no CSM (Centro de Suprimentos e Manutenção) em Contagem – Minas Gerais, onde fica o centro de manutenção do CBMMG, este projeto emprega uma fonte renovável de energia, a fotovoltaica, para alimentar uma nova bateria que funcionará como “backup” da alimentação principal dos equipamentos, elevando a autonomia, confiabilidade e eficiência no atendimento aos pacientes, e trata-se também de um suporte extra aos militares.

Ao desenvolver esse projeto foram dispostas as seguintes etapas de coleta de informações no 3º BBM: características físicas e estruturais da UR móvel e identificação dos equipamentos. Logo após, foi realizado um levantamento da área disponível para instalação dos módulos fotovoltaicos no teto da UR móvel e dimensionamento da bateria de “backup”.

##### 4.1.1 Características da UR Móvel

As características físicas da UR móvel são dispostas de acordo com o veículo adotado como base para adaptação, no caso, um Fiat Ducato 2.3 SR caminhonete diesel como na figura 3.

Figura 3 - Modelo Unidade de Resgate usado para Estudo



Fonte: Os Autores (2021)

Foram levantadas as seguintes características elétricas da UR Móvel:

- Alimentação: realizada por 2 baterias independentes (original e auxiliar);

- Sistema de bloqueio: modelo automático, relativo ao uso da bateria do motor para alimentar o compartimento de atendimento e as luzes adicionais de emergência, quando o veículo estiver com o motor desligado - Marca Rontan Modelo RTW;
- Central elétrica: composta de disjuntor térmico e automático, relês, base de fusíveis instalado na parte superior do armário e chave geral próxima do motorista;
- Inversor: inversor de corrente contínua de 12 V para alternada 110/220 V com potência mínima de 2000 Watts;
- Painel Elétrico: interno composto de uma régua integrada com 6 tomadas, sendo que 4 tripolares (2P+T) de 110 V e 2 de 12V, além de interruptores com teclas do tipo iluminadas (figura 4);

Figura 4 - Painel Elétrico Alimentação



Fonte: Os Autores (2021)

- Tomada externa tripolar: para captação de energia instalada na parte superior do lado esquerdo do veículo próximo à porta do motorista com fio de extensão de 20 m de comprimento (Figura 5);

Figura 5 - Tomada Externa Bipolar



Fonte: Os Autores (2021)

- Transformador automático: ligado à tomada de captação Iluminação;
- Iluminação artificial: 4 luminárias no teto, com diâmetro de aproximadamente 20 cm, lâmpadas alógenas de dupla intensidade com lente em policarbonato translúcido, com

acabamento corrugado para difusão da luz e 2 luminárias com foco dirigido sobre a maca com lâmpadas dicróicas de 50Watts;

- Iluminação externa: traseira com holofote e foco direcional de 180° sinalização;
- Sinalização acústica e luminosa de emergência da marca Rontan Modelo RT Winglux 100 D 126dB LB;
- Lanternas: 3 lanternas pulsantes intercaladas, de cada lado da carroceria com frequência mínima de 90 flashes por minuto Marca Rontan Modelo RT FOCUS; presença de 2 lanternas traseiras da marca Rontan Modelo RT DIGILIGHT;
- Sinalizadores: sinalizador acústico de ré Marca Rontan Modelo RT552; presença de 2 sinalizadores estroboscópicos intercalados nos faróis dianteiros do veículo - Marca Rontan Modelo RTSFA;

Em conexão com a estrutura, foi identificado o Sistema Fixo de Oxigênio, constituído de:

- 2 cilindros de oxigênio de 16 Litros; 1 cilindro de ar comprimido nas mesmas dimensões do de oxigênio, fixação tipo catraca;
- Saída de oxigênio ao lado do paciente com régua tripla com 3 saídas para Oxigênio.
- Ar-condicionado com resfriamento e aquecimento nos dois compartimentos.
- 1 exaustor e 4 ventiladores (figura 6).

Figura 6 - Estrutura de Ventilação



Fonte: Os Autores (2021)

A alimentação, com bateria auxiliar de 100 Ah, ligada em paralelo à bateria do motor de 95 Ah, é carregada pelo alternador. O alternador, uma vez acionado pelo motor, através de uma correia, transforma energia mecânica em elétrica, necessária para carregar as baterias e alimentar os componentes elétricos.

As autonomias das baterias dependem dos equipamentos instalados nos veículos. Por exemplo: o sistema de iluminação e demais acessórios que dependem de energia e do tempo de uso, a média de autonomia gira em torno de 40 minutos por bateria.

A Central elétrica é composta de (Figura 7):

- Disjuntores térmicos e automáticos;
- Fusíveis instalados na parte superior do armário;
- Inversor de 12 VDC para 127/220 VAC (potência máxima: 2000 W).

Figura 7 - Central Elétrica



Fonte: Os Autores (2021)

#### 4.1.2 Dimensionamento da Carga Elétrica dos Equipamentos Internos da UR

Dentro da UR foram identificados aparelhos elétricos e suas cargas para o dimensionamento dos módulos fotovoltaicos, bateria e controladores de carga:

- Bomba de Infusão: aparelho médico-hospitalar (figura 8) para obter precisão nas infusões contínuas intravenosas. Atua com uma tensão 110/230V, com a alimentação elétrica energizada internamente por bateria de 8 VCC e alimentação externa de 12 VCC. Frequência: 50/60 Hz, 55 VA, 44 W.

Figura 8 - Bomba de infusão B BRAUN



Fonte: Os Autores (2021)

- Ventilador Pulmonar Portátil de transporte e emergência: para suporte ventilatório de pacientes em operações de resgate, emergência e transporte. Atua com uma tensão de



100 a 240 V, corrente 3,4A, potência 340 VA, 272 W. Sua alimentação elétrica é obtida pela bateria de íons de lítio, 24 V +-6 VDC, autonomia de aproximadamente de 4 horas, frequência: 50/60 Hz.

- Monitor Multiparâmetro com Desfibrilador Acoplado: portátil, com tecnologia de onda bifásica para monitorização cardíaca e os parâmetros de programação (tabela 1), pré e pós choque, indicando energia real armazenada a ser entregue (Figura 9).

Figura 9: Cardioversor/ desfibrilador/ monitor - Mindray



Fonte: Os Autores (2021)

Tabela 1 – Descrição elétrica do Cardioversor/ desfibrilador/ monitor – Mindray

<b>Alimentação Elétrica</b>	100 a 240 VCA, 50/60 Hz corrente 1,8 a 0,8 A, 180VA, 144W.
<b>Autonomia da bateria</b>	Monitoração $\geq 5$ h ou $\geq 10$ h; Desfibrilação $\geq 100$ descargas ou $\geq 200$ descargas; Mpasso $\geq 3$ h ou $\geq 6$ h
<b>Bateria</b>	1 Baterias interna de 15.1V, 5600mAh ou 14.8V, 3000mAh, tipo íons de lítio

Fonte: Os Autores (2021)

#### 4.2 Avaliação dos Parâmetros para Instalação Dos Módulos Fotovoltaicos

Foi realizada uma medição manual e também ponderada pelos dados do fabricante (tabela 2), desta forma, tem-se uma área útil no teto da UR de 6,3 m<sup>2</sup> onde serão instaladas as placas fotovoltaicas.

Tratando-se de um veículo de longo período de uso e constante movimento, o estudo do coeficiente de arrasto e a aerodinâmica se faz necessário, portanto, há necessidade de uma avaliação de tais itens antes da instalação dos painéis.

Uma vez que outros parâmetros, tais como ângulo de inclinação e tipo de módulos, são parâmetros de importância vital para a eficiência do sistema e do módulo, os estudos não incluem a temperatura e velocidade do vento.

Tabela 2 - Dados do fabricante FIAT do Brasil

<b>Altura (mm)</b>	2.254
<b>Largura (mm)</b>	2.100
<b>Comprimento (mm)</b>	4.963
<b>Peso (kg)</b>	2.122
<b>Tanque (L)</b>	90
<b>Entre-eixos (mm)</b>	3000
<b>Porta-malas (L)</b>	N/D
<b>Ocupantes</b>	3

Fonte: Portal ICARROS (2015)

O efeito aerodinâmico em um veículo cria uma força vetorial livre, na transversal e na axial originando o arrasto, por essa razão um estudo específico faz-se necessário.

#### 4.2.1 Dimensionamento da Bateria “Backup”

Foram escolhidas placas de 270 Wp, com dimensões de comprimento e largura de 1,0 m e 1,65 m, respectivamente. Pode-se instalar três módulos na parte superior da UR móvel.

Considerando as características elétricas da bateria responsável pela alimentação dos equipamentos médicos, uma bateria de 12 V e 200 Ah será inserida, e alimentada, única e exclusivamente pelo sistema fotovoltaico “off-grid”, necessitando do design do sistema fotovoltaico “off-grid” .

A partir da potência do sistema fotovoltaico de 810 Wp, referente as três placas solares de 270 Wp, é calculada a corrente elétrica a ser entregue à bateria pelo controlador de carga, considerando 12 V a tensão de saída do controlador, com a equação 1:

$$I_c = \frac{P_t}{V} = \frac{810}{12} = 67,5 A \quad (1)$$

$I_c$  = corrente de saída do controlador de carga;

$P_t$  = potência total do conjunto fotovoltaico;

$V$  = tensão de saída do controlador de carga.

Assim, tem-se a necessidade de um controlador de carga de 80 A, permitindo a expansão do sistema caso necessário. Considerando 3 horas de exposição solar por dia, é determinada a quantidade de corrente entregue à bateria e verificado se este conjunto consegue carregá-la ao longo do mesmo. A quantidade de corrente entregue à bateria solar por dia de irradiação é dada pela equação 2:

$$I_{dia} = t_{sp} I_c = 3 \times 67,5 = 202,5 A/dia \quad (2)$$

sendo:

$I_{dia}$  = corrente diária produzida;

$t_{sp}$  = tempo de sol pico considerado (horas);

$I_c$  = corrente de saída do controlador de carga.

A quantidade de módulos é suficiente para realizar a recarga na bateria. A corrente necessária para o funcionamento dos equipamentos elétricos da UR móvel é dada pela equação 3:

$$I_{total} = \frac{P_{inst}}{V} = \frac{500}{12} = 41,67 A \quad (3)$$

sendo:

$I_{total}$  = corrente total demandada pelos equipamentos médicos;

$P_{inst}$  = potência instalada de equipamentos médicos.

$V$  = tensão de saída do controlador de carga.

Sendo a potência instalada de 500 W, há uma estimativa dos equipamentos instalados na UR Móvel em conformidade com a segunda bateria instalada no veículo de 100Ah. A autonomia da bateria do sistema fotovoltaico “off-grid” em relação à carga total dos equipamentos é mostrada na equação 4.

$$AS = \frac{I_b(1 - PD\%)}{I_{total}} = \frac{200(1 - 0,15)}{41,67} = 4,08 \text{ horas} \quad (4)$$

sendo:

$AS$  = autonomia do sistema fotovoltaico “off-grid” ;

$I_b$  = corrente nominal da bateria “off-grid” (em A.h);

$PD\%$  = profundidade de descarga máxima da bateria “off-grid” (em %);

$I_{total}$  = corrente total demandada pelos equipamentos médicos;

Com 15% a 30% de profundidade de descarga da bateria “off-grid” , calcula-se a autonomia desta no instante em que existir pane mecânica e somente ela estiver em operação. A bateria mais indicada seria uma bateria estacionária 12V-200Ah com valor estimado de R\$ 1.169,90. Então, a autonomia do sistema fotovoltaico “off-grid” instalado foi de 4,08 horas (pior hipótese), ou seja, pane no período noturno. Com pane no período diurno, mesmo ocorrendo uma ligeira descarga da bateria por uso dos equipamentos médicos, sua autonomia será superior às 4,08 horas por conseguir, no mesmo instante de descarga, fazer a recarga.

#### 4.2.2 Fluxo De Operação e Instalação

Através da figura 10 é possível ver como as baterias operam na alimentação de todos os itens da UR Móvel. Leva-se em consideração duas baterias (motor e equipamentos médicos). A

bateria do motor é responsável pela alimentação dos itens elétricos da UR móvel, como faróis, sinalização, entre outros. A outra bateria é responsável pela alimentação dos equipamentos médicos.

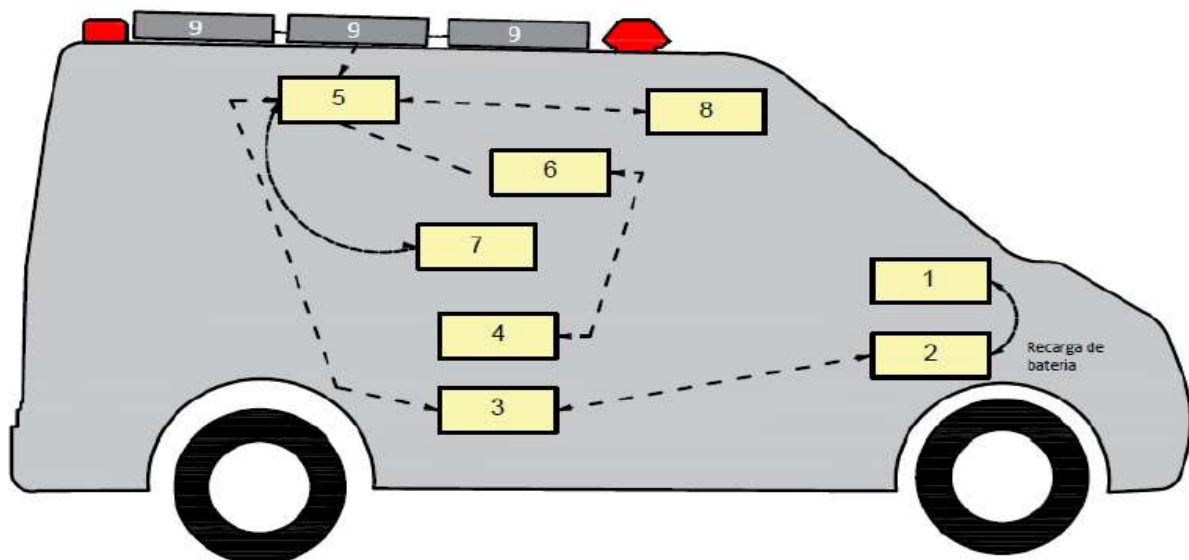
O alternador elétrico que é acionado pelo motor, e realiza a recarga de ambas as baterias. Em caso de pane mecânica, a bateria que alimenta os equipamentos médicos deixa de carregar, reafirmando a importância da implantação do sistema fotovoltaico “off-grid”.

Uma terceira bateria (com as mesmas especificações da segunda) é inserida na UR, sendo alimentada pelo sistema fotovoltaico “off-grid”. A mesma, começa a operar somente quando a segunda bateria entra em colapso e descarrega.

Assim, além de aumentar a autonomia dos equipamentos da UR, tem-se uma bateria independente da operação do alternador, tornando o sistema confiável. O esquema descrito mostra como estas baterias operam na alimentação de todos os itens.

Quando é apresentado o quadro esquemático de funcionamento das baterias (Figura 11), tem-se a intenção de demonstrar o acionamento dos equipamentos quando já estão em carga mínima.

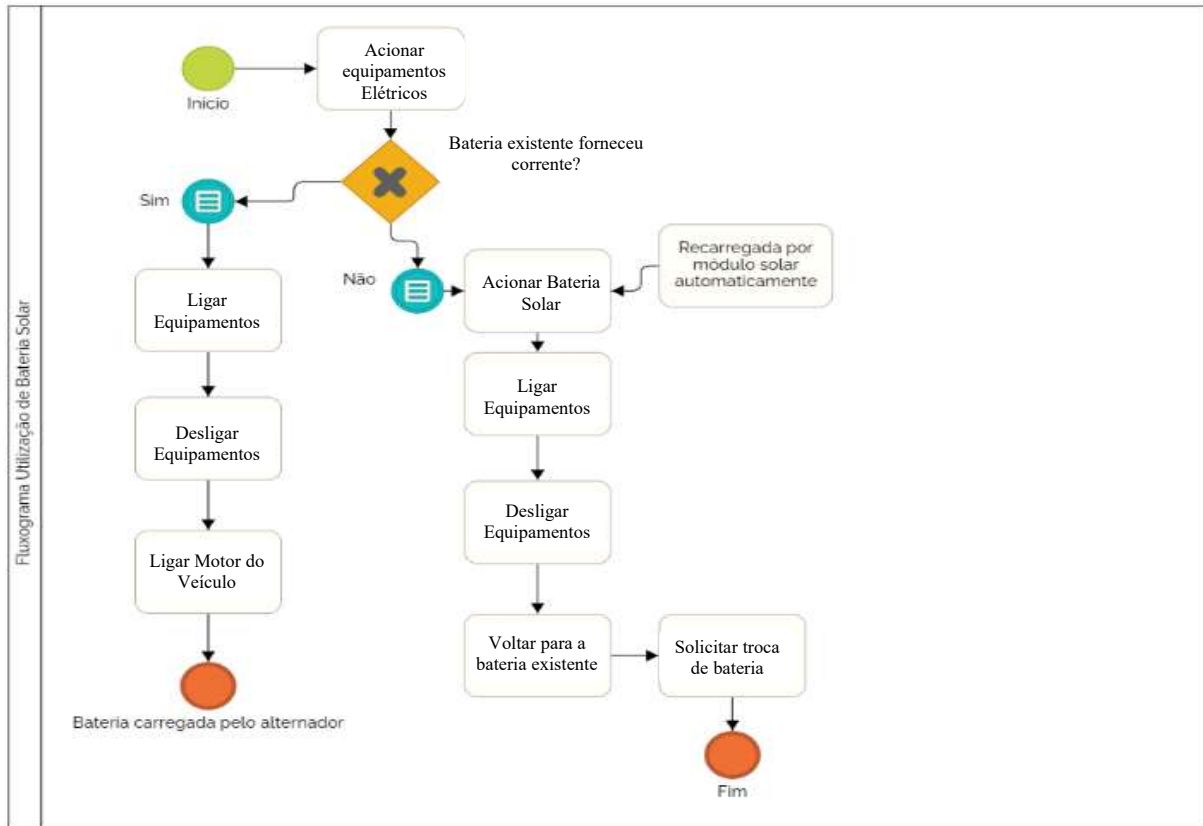
Figura 10: Esquema de funcionamento das baterias na alimentação dos todos os itens da UR móvel



1 - Bateria motor veículo (UR) 90 Ah; 2 - Alternador elétrico; 3 - Bateria existente (100 Ah) (atender equipamentos elétricos); 4 - Equipamentos elétricos; 5 - Controlador de carga; 6 – Inversor; 7 - Bateria Solar; 8 - Chave de transferência; 9 - Módulo solar

Fonte: Parminondi (2018 – Adaptado)

Figura 11: Fluxograma de funcionamento da bateria solar



Fonte: Os Autores (2021)

Caso a bateria existente não responda, é acionada a bateria do sistema de energia solar, todo processo descrito para bateria existente é contemplado e volta o sistema para configuração inicial, que é a bateria existente.

### 4.2.3 Análise Financeira

Foi realizado o levantamento do investimento financeiro (Tabela 3).

Tabela 3 - Lista de materiais

<b>Lista de material</b>			
<b>Quantidade</b>	<b>Item</b>	<b>Valor Unitário</b>	<b>Total</b>
3	Painéis Solar	R\$ 570,00	R\$ 1.710,00
1	Controlador de Carga MPPT 12/24V - 80A	R\$ 677,00	R\$ 677,00
1	Bateria Duracel Estacionária 12V-200Ah	R\$ 1.169,00	R\$ 1.169,00
10 metros	Cabo flexível vermelho 6mm	R\$ 6,46	R\$ 64,60
10 metros	Cabo flexível preto 6mm	R\$ 6,46	R\$ 64,60
5 metros	Cabo flexível 4mm	R\$ 4,88	R\$ 24,40
6	Terminal olhal de compressão 6mm - R4	R\$ 2,10	R\$ 12,60
1	Conector Mc4 macho	R\$ 8,75	R\$ 8,75
1	Conector Mc4 fêmea	R\$ 8,75	R\$ 8,75
Valor total do gasto com material			R\$ 3.739,70

Fonte: Os Autores (2021)

Foi feita uma cotação em 5 fornecedores diferentes de acordo com as especificações de cada item e optou-se pelo menor preço.

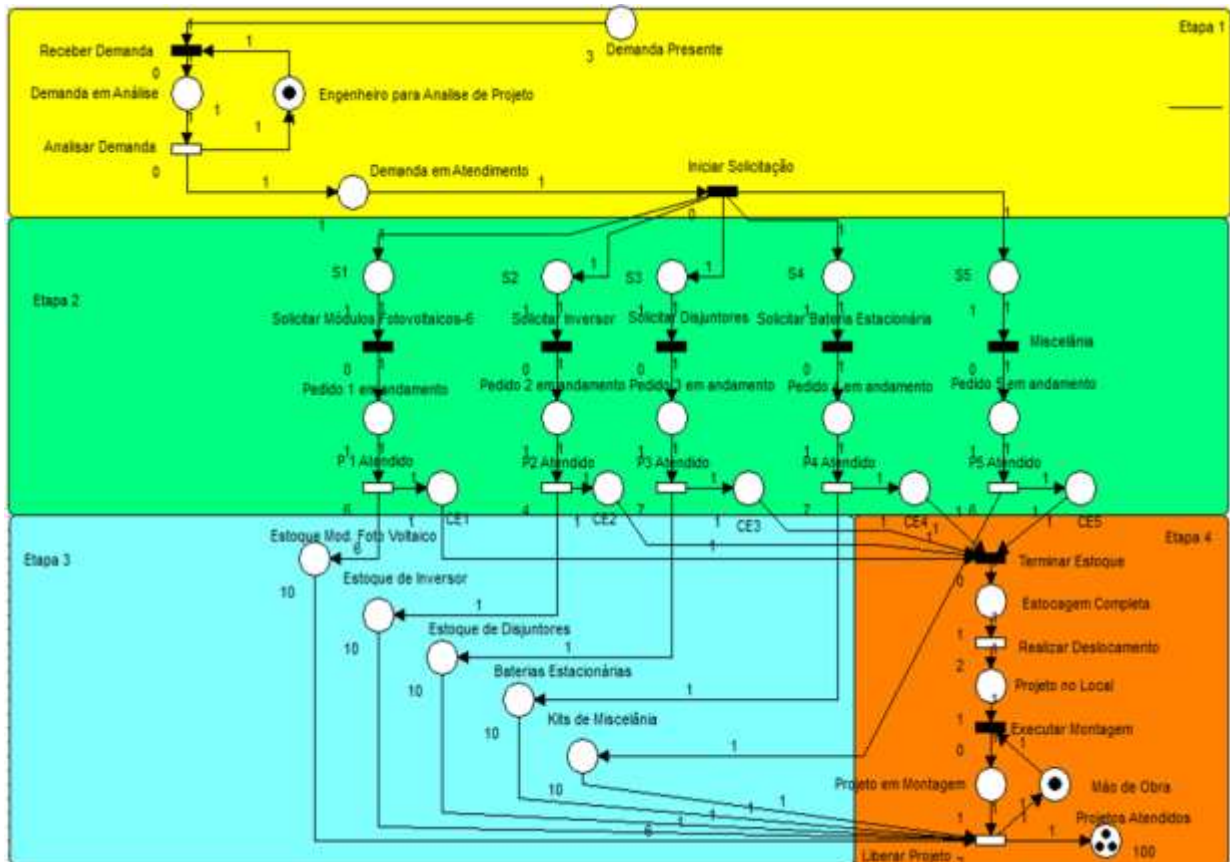
#### **4.2.4 Estrutura De Simulação**

Uma estrutura de simulação foi desenvolvida, inspirado em Vieira et al. (2020) (Figura 12). Na etapa A1, o pedido é recebido pela administração da empresa e enviado para análise do engenheiro responsável. Após a análise do processo, a solicitação é encaminhada para A2, para a solicitação de materiais necessários à execução da obra (Tabela 3).

Após consulta, espera-se o pedido processado, que é o tempo necessário para a chegada de cada material de acordo com o prazo de entrega do fornecedor. Para monitorar esses dados, foram utilizadas transições temporizadas (dispostas na tabela 4). Os produtos são entregues ao próximo estágio, somente depois que todos os pedidos (P1 a P5) forem concluídos.

Finalizado o pedido, iniciam-se as etapas A3 e A4 do processo, em paralelo, devido aos diferentes tempos de chegada dos materiais, portanto a etapa A3 ficará responsável pelo armazenamento desses materiais excedentes para o projeto.

Figura 12 - Estrutura de Simulação



Fonte: Vieira et al. (2020 - Adaptado)

Tabela 4 - Atividades da Execução do Projeto

Atividades	Recursos	Tempo Médio de Entrega	Quantidade
Projetar	Engenheiro	1 dia	1
	Eletricista		
Comprar Material	Módulos Fotovoltaicos	6 dias	6
	Inversor	4 dias	1
	Disjuntores	7 dias	1
	Bateria Estacionária	7 dias	1
	Miscelânea	6 dias	1
Executar	Mão de Obra	2 dias	*
	Deslocamento	*	*

Fonte: Autores (2020)

Após alocar os materiais, a etapa A4 conclui o armazenamento, realiza-se a montagem de acordo com a mão de obra disponível, completando assim o ciclo do projeto em execução. No

desenvolvimento das redes de Petri do projeto, os elementos que determinam o curso dos processos, representados por lugares:

- $S1$ : Solicitação de módulos fotovoltaicos;
- $S2$ : Solicitar inversor de frequência;
- $S3$ : Solicitar disjuntores;
- $S4$ : Solicitar bateria estacionaria;
- $S5$ : Solicitar miscelânea;

O item miscelânea é um kit composto por: 9 metros cabo preto 6mm; 9 metros cabo vermelho 6mm; 6 metros cabos preto 4mm; 6 terminais olhal 6mm; 2 conectores MC4 macho; 2 conectores C4 fêmea e 1 rolo de fita isolante. No desenvolvimento das redes de Petri do projeto, os elementos que determinam o curso dos processos, representados por locais:

- $P1, \dots, P5$ : Identificação da variável referente à ordem " $n$ " das casas anteriores  $S_n$ ;
- O lugar onde foi recebido o material pedido anteriormente ( $S_n$ ) é utilizando Rede Temporizada de Petri, portanto o tempo depende da especificação de chegada do material solicitado.
- $CE1, \dots, CE5$ : Áreas de controle de estoque

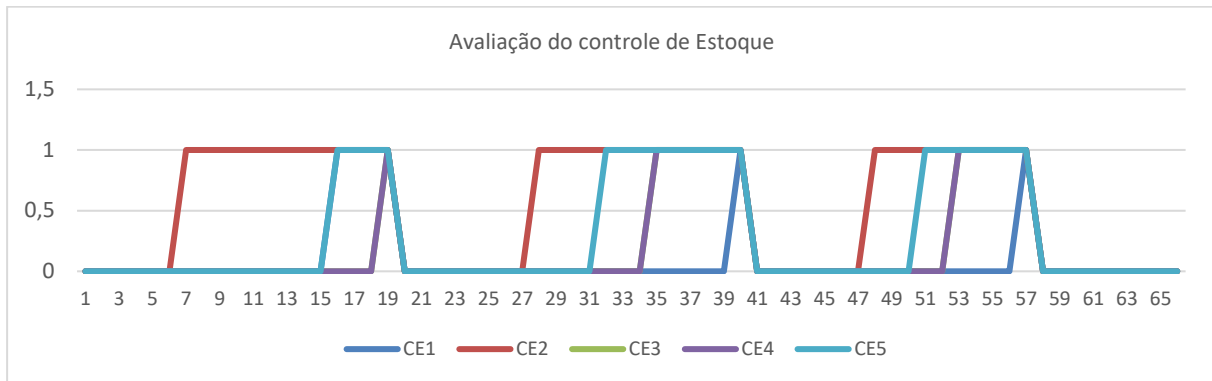
Os estoques são armazenados e liberados apenas quando atingem o valor necessário para a finalização do projeto, ficando totalmente estocados (como mostra a Figura 13, com o exemplo de adaptação de 3 UR's). O processo de simulação inicia pelo gerente administrativo, depois de receber o pedido e identificar o público-alvo. Ele gera um orçamento. Este orçamento é fornecido ao cliente para aprovação. Após a aprovação, o processo vai para o projetista que dará continuidade ao projeto. O sistema recebe uma demanda de três projetos por dia e conta com um engenheiro para fazer a análise do projeto.

Existe um gargalo na demanda atual no processo de simulação empregando um engenheiro, como foi avaliado pelo gráfico da figura 14. No momento, um auxiliar como estagiário seria recomendado para reduzir o tempo de trabalho do engenheiro durante o processo e no levantamento e desenvolvimento da demanda geradora do projeto.

Porém, como simulado, apesar do gargalo para a liberação do projeto pelo engenheiro, a demanda de sua mão de obra não é contínua. O gestor poderia atribuir cada projeto (modelo padronizado) a um engenheiro específico (também pode utilizar a terceirização do serviço do engenheiro), ou a um grupo específico de fornecedores para obter o melhor resultado em um menor tempo.

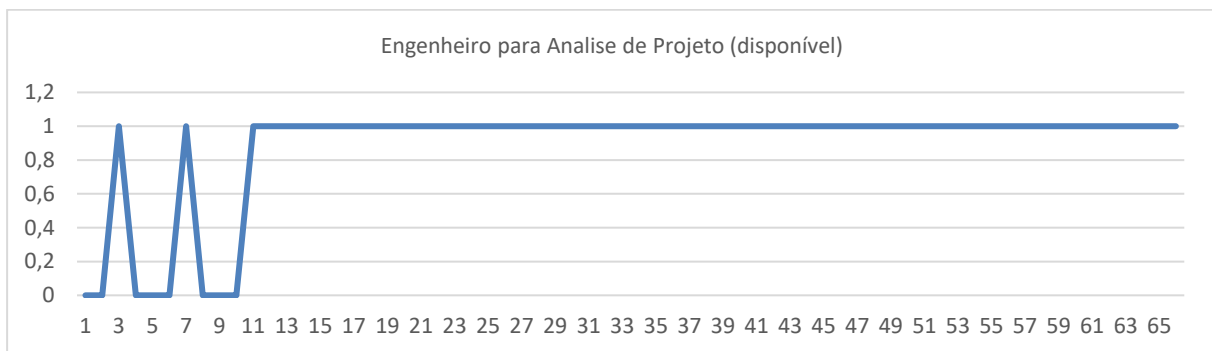


Figura 13: Permanência do Material em Estoque



Fonte: Os Autores (2021)

Figura 14 - Disponibilidade do Engenheiro



Fonte: Os Autores (2021)

Os tempos de disparo podem ser calibrados a qualquer momento, conforme os tempos reais da organização. A estrutura é moldável à necessidade do projeto.

## 5. Conclusão

O sistema fotovoltaico inserido em URs, possibilita uma relevante utilidade para ambulâncias que percorrem grandes distâncias, como em atendimentos de urgência em cidades do interior, e até mesmo em atendimentos complexos nos chamados ao ofício dos militares, com impacto em demandas como a solução de problemas de interrupção de energia nos equipamentos médicos dentro da UR, em caso de pane elétrica.

O valor financeiro é considerável, porém o custo-benefício mostrou-se possível de ser arcado pela administração do serviço de saúde.

Para simulação do processo (tempo de entrega, quantidade de materiais), desde a chegada do projeto para análise do engenheiro até a instalação dos painéis solares, pode auxiliar o gestor que se prontificar a esta proposta de serviço.

A pesquisa demonstrada pode ser utilizada em projetos futuros como carretas de pré e pró saúde usadas em campanhas de instituições particulares e públicas para atendimento de exames clínicos em cidades do interior e região metropolitana de grandes cidades.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 14561: Informação e documentação – Referências – Apresentação**. Rio de Janeiro, jul. 2000. 4 p.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Atlas de Energia Elétrica do Brasil**. Disponível em: [www.aneel.gov.br](http://www.aneel.gov.br). Acesso em: 18 ago. 2020.

APODACA-MADRID, Jesus R.; NEWMAN, Kimberly. Design and Evaluation of a Green Ambulance. **IEEE Green Technologies Conference**, USA April 2010.

CASSANDRAS, Christos G.; LAFORTUNE, Stephane. **Introduction to discrete event systems**. Springer Science & Business Media, 2009.

CONSELHO NACIONAL DE SAÚDE. **Constituição Federal (Artigos 196 a 200)**. Disponível em: [http://conselho.saude.gov.br/web\\_sus20anos/20anossus/legislacao/constituicaofederal.pdf](http://conselho.saude.gov.br/web_sus20anos/20anossus/legislacao/constituicaofederal.pdf). Acesso em: 31 ago. 2020.

Portal ICARROS. **Ficha técnica Fiat Ducato 2.3 UR SR**. 2015 Disponível em: <https://www.icarros.com.br/fiat/ducato/ficha-tecnica/29681/>. Acesso em: 29/09/2020.

GIGLIO-JACQUEMOT, Armelle. Urgências e emergências em saúde: perspectivas de profissionais e usuários. 1. ed. Rio de Janeiro. **Fiocruz**, 2005. p. 25-31.

MACHADO, Cristiani Vieira; SALVADOR, Fernanda Gonçalves Ferreira; O'DWYER, Gisele. Serviço de Atendimento Móvel de Urgência: análise da política brasileira. **Saúde Pública**, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, v. 45, n. 3, p. 519-528, nov./2010.

SHELLHAAS, Renée A. Neurologists and COVID-19: A note on courage in a time of uncertainty. **Neurology**. 2020.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Serviço de Atendimento Móvel de Urgência (SAMU 192)**. Disponível em: <https://www.saude.gov.br/saude-de-a-z/servico-de-atendimento-movel-de-urgencia-samu-192>. Acesso em: 30 ago. 2020.

PARMINONDI, Renato Galbiatti. **Estudo da Viabilidade de um Sistema Fotovoltaico “off-grid” em UR móveis para fornecimento de Energia Elétrica.** Dissertação de Mestrado. Universidade Brasil. 2018.

VIEIRA, Ligyamara Araújo Gonçalves; OLIVEIRA, Daniel Gomes de; SOUZA, Flávio Henrique Batista; ROCHA, Vladimir Alexei Rodrigues. **Sistemas A Eventos Discretos Para Gestão De Projetos De Energia Fotovoltaica.** **XL Encontro Nacional De Engenharia De Produção.** Online. 2020.