

**ÁREAS QUEIMADAS EM INCÊNDIOS OCORRIDOS NAS PROXIMIDADES  
DAS RUÍNAS DE MACHUPICCHU NO PERU DETECTADAS EM  
IMAGENS MULTITEMPORAIS DO SATÉLITE LANDSAT:  
1988, 2013 E 2017**

Lorena, 07 de fevereiro de 2018: A GeoDesign Internacional tem o prazer de anunciar que o seu fundador, Dr. Reinaldo Escada Chohfi, entregou a Direção Descentralizada de Cultura de Cusco, órgão do Ministério de Cultura do Peru, através de seu Diretor, Dr. Victor Vidal Pino Zambrano, e do Chefe do Parque Arqueológico Nacional de Machupicchu (PANM), antropólogo Fernando Astete Victoria, um estudo e mapeamento detalhado de avaliação das áreas queimadas por incêndios florestais que ocorreram nas proximidades das ruínas de Machupicchu em 1988, 2013 e 2017 através do uso de imagens multitemporais dos satélites Landsat 5 e 8 e camadas de informação geográfica.



Fig. 1: Vista panorâmica da Llaqta de Machupicchu.

As 14:05 do dia 20 de julho de 2017, o Centro de Operações de Emergências Local (COEL) da Municipalidade Distrital de Machupicchu, Peru, recebeu informação da ocorrência de um incêndio florestal no setor de Ahobamba próximo ao limite das Municipalidades Distritais de Machupicchu e Santa Teresa no Peru.

## PRESS RELEASE

O incêndio começou a se propagar de forma rápida em direção ao Cerro el Calvário, no setor Intihuatana, devido aos fortes ventos, a baixa umidade relativa do ar e a presença de vegetação natural com cobertura resinosa que favorece a combustão rápida.

Houve a mobilização de quase 60 bombeiros florestais em direção as encostas do vale do Rio Ahobamba, na altura do quilômetro 122 da estrada de ferro, com a finalidade de combater o incêndio florestal iniciado na margem esquerda do Rio Urubamba na sua confluência com o Rio Ahobamba.

O objetivo inicial do trabalho de pesquisa foi de utilizar imagem do satélite Landsat 8 cobrindo a região onde estão localizadas as Ruínas de Machupicchu no Peru para uma avaliação da área queimada pelo incêndio florestal ocorrido entre 20 a 24 de julho de 2017, incluindo visualização e cálculo da extensão da área queimada pelo incêndio florestal, assim como sobreposição de camadas de informação geográfica do recurso cultural (sítios arqueológicos e caminho Inka) do Parque Arqueológico Nacional de Machupicchu (PANM).

Entretanto, ao comparar as imagens do Landsat de 2017 com os resultados do trabalho de pesquisa desenvolvido pelo autor no passado, ficou constatado que a mesma área onde ocorreu o incêndio florestal de 2017 também sofreu um incêndio em 1988. Assim, foi realizada uma pesquisa mais abrangente cobrindo todo o banco de dados do Landsat desde 1972 com a finalidade de verificar se houve incêndio florestal nesta mesma área em outros anos além de 1988 e 2017. Esta pesquisa determinou a ocorrência de pelo menos mais um incêndio florestal nesta mesma área em 2013.

As imagens do Landsat que abrangem a região das Ruínas de Machupicchu tem centro nominal Órbita / Ponto: 004 / 069 no WRS.

As composições coloridas (RGB: Bandas 432 e 654) do Landsat 5 usadas nesta pesquisa foram obtidas em 22/06/1988 e 25/06/1988. As do Landsat 8 foram obtidas em 30/08/2013, 08/07/2017 e 24/07/2017. Mais especificamente, foram extraídos recortes de 100 Km<sup>2</sup> com resolução espacial de 15 metros cobrindo a área de interesse abrangendo as proximidades da Lacta de Machupicchu.

Os recortes de 100 Km<sup>2</sup> das imagens do Landsat estão ortoretificadas e georreferenciadas no sistema de referência espacial WGS 84 / UTM Fuso 18S (EPSG: 32718), no formato GeoTiff e nível de processamento L1TP (*Level-1 TP*), que consiste de correção topográfica de precisão provendo acurácia sistemática, radiométrica e geométrica ao incorporar pontos de controle e empregar um Modelo de Elevação Digital (*DEM: Digital Elevation Model*) para acurácia topográfica.

A determinação e cálculo das áreas queimadas foram realizados através da digitalização interativa do polígono das feições das áreas queimadas presentes

## PRESS RELEASE

nas imagens infravermelhas (RGB: B654) ortoretificadas do Landsat 8 de 2013 e 2017.

A área queimada pelo incêndio florestal que ocorreu de em 2013 é de 21,85 Hectares. Por sua vez, a área queimada pelo incêndio florestal que ocorreu de 20 a 24 de julho de 2017 é de 347,31 Hectares. A área queimada pelo incêndio florestal de 20 a 24 de julho de 2017 corresponde a 0,9% do Parque Arqueológico de Machupicchu (PANM).

O polígono da área queimada pelo incêndio florestal que ocorreu nas proximidades das ruínas de Machupicchu em 20-24 de julho de 2017 foi sobreposto, em um ambiente de sistema de informação geográfica (SIG), nas seguintes camadas de informação geográfica: modelo digital de terreno (MDT), curvas de nível, declividade, hidrografia, sítios arqueológicos, caminhos Inka, polígonos das áreas queimadas em 1988 e 2013, e imagem do Landsat 8.

A análise da sobreposição dessas camadas de informação geográfica determinou o seguinte sobre o incêndio florestal de 2017:

1. O incêndio ocorreu nas encostas próximo à confluência dos rios Urubamba e Ahobamba.
2. A altitude da área queimada varia de aproximadamente 1.800 a 3.500 metros.
3. A declividade das encostas varia com a seguinte distribuição:
  - a. De 0 a 30 graus em 15,3% da área.
  - b. De 30 a 50 graus na maior parte da área (76%).
  - c. De 50 a 70 graus em apenas 9% da área.
  - d. De 70 a 80 graus em uma pequena parte da área (0,1%).
4. O incêndio florestal não alcançou nenhum dos principais sítios arqueológicos. Na parte baixa, a mancha do incêndio florestal está a uma distância de 130 metros do sítio arqueológico Intiwatana, localizado entre aproximadamente 1.850 e 1.900 metros de altitude. Na parte alta, a mancha do incêndio florestal está a uma distância de 330 metros do sítio arqueológico Quantupata, localizado a quase 3.350 metros de altitude, e a 370 metros do sítio arqueológico Intipata, situado a 2.850 metros de altitude.
5. O incêndio florestal não alcançou nenhum dos principais caminhos Inka. Na parte alta (3.400 a 3.300 metros), a mancha do incêndio florestal está a 420 metros do caminho Inka. A uma altitude 2.830 metros, a mancha do incêndio florestal está a 230 metros do caminho Inka.
6. A sobreposição dos polígonos das áreas queimadas pelos incêndios florestais de 1988, 2013 e 2017 constata que esses incêndios ocorreram no mesmo local.

## PRESS RELEASE

Os dados multitemporais do satélite Landsat demonstraram mais uma vez a sua capacidade e eficácia na detecção e avaliação de áreas queimadas por incêndios florestais.

Em ordem de magnitude, o maior incêndio foi o de 2017 com uma área queimada de quase 347,3 Ha, seguido pelo de 1988 com 215,9 Há de área queimada e o menor de 2013 tendo apenas 21,85 Ha de área queimada.

As imagens do Landsat utilizadas na detecção das áreas queimadas pelos incêndios florestais de 1988, 2013 e 2017 foram obtidas pelo satélite nos meses de junho, julho e agosto, indicando que os incêndios florestais ocorreram nos meses mais secos do ano na região das Ruínas de Machupicchu. Os fortes ventos colaboraram para a dispersão do incêndio desde a parte baixa até a parte alta das encostas localizadas na confluência dos rios Urubamba e Ahobamba.

A visualização tridimensional da sobreposição do polígono da área queimada do incêndio florestal de 2017 em imagem do Landsat 8 e modelo digital de terreno (MDT) permite uma clara visão da extensão do incêndio no terreno e a sua proximidade a Lacta de Machu Picchu, assim como o grau de dificuldade encontrado pela brigada de incêndio no combate deste incêndio florestal.

A sobreposição dos polígonos das áreas queimadas pelos incêndios florestais de 1988, 2013 e 2017 constata que esses incêndios ocorreram no mesmo local. É de grande importância que seja determinada a fonte que tem causado esses incêndios florestais no mesmo local para evitar a sua recorrência no futuro.

A região tem vasto recurso cultural compreendido por vários importantes sítios arqueológicos e a rede de caminhos Inka. Um incêndio florestal de maiores proporções colocará em risco este recurso cultural.

Um estudo do impacto do incêndio florestal de 2017 na flora e fauna da região também é importante que seja realizado.

Graças à rápida ação e ao grande esforço dos bombeiros florestais, que tiveram de combater um incêndio em encostas íngremes e a altas altitudes, o incêndio florestal foi contido em 24 de julho de 2017. Foram cinco dias de trabalho árduo coordenado e articulado pelos bombeiros florestais do Parque Arqueológico Nacional de Machupicchu (PANM).

Os resultados deste trabalho de pesquisa são apresentados em vários mapas e imagens de satélite. Alguns mapas e imagens são apresentados a seguir. [Clique aqui para baixar o trabalho na sua íntegra.](#)

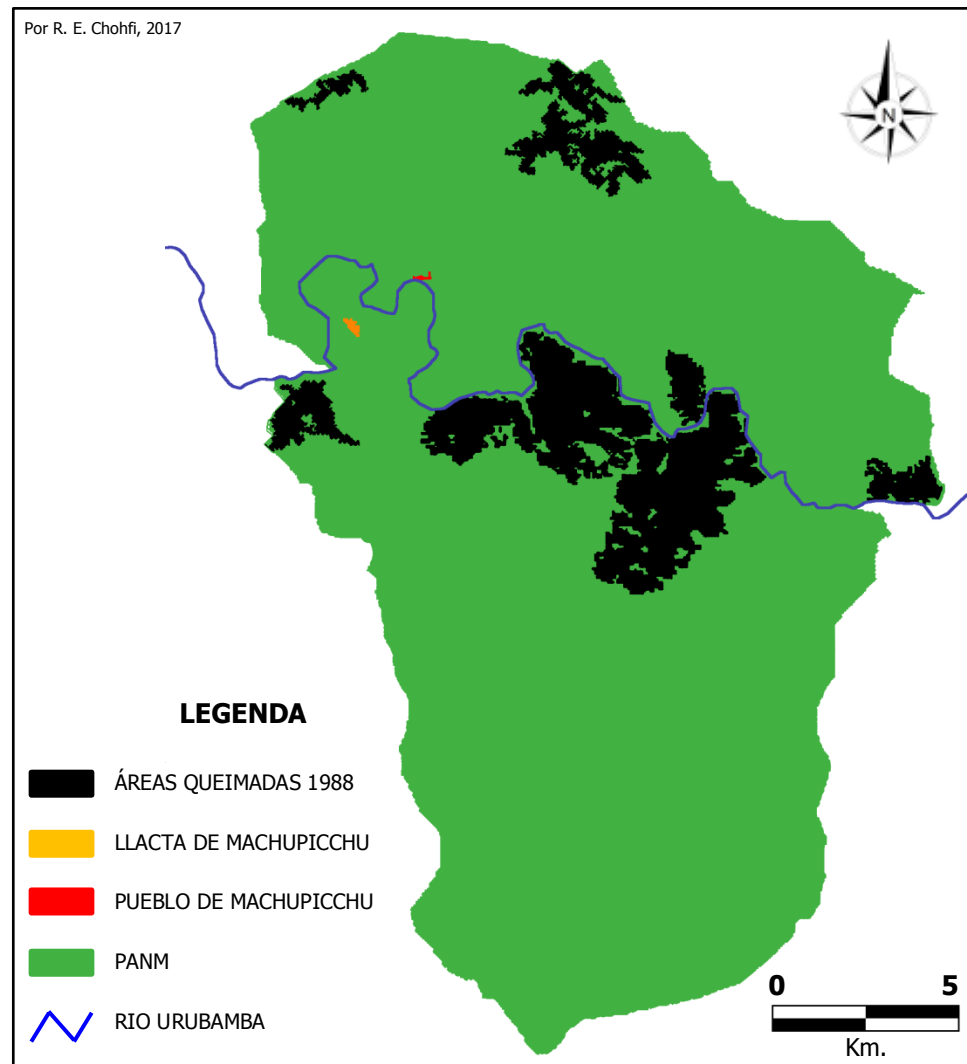
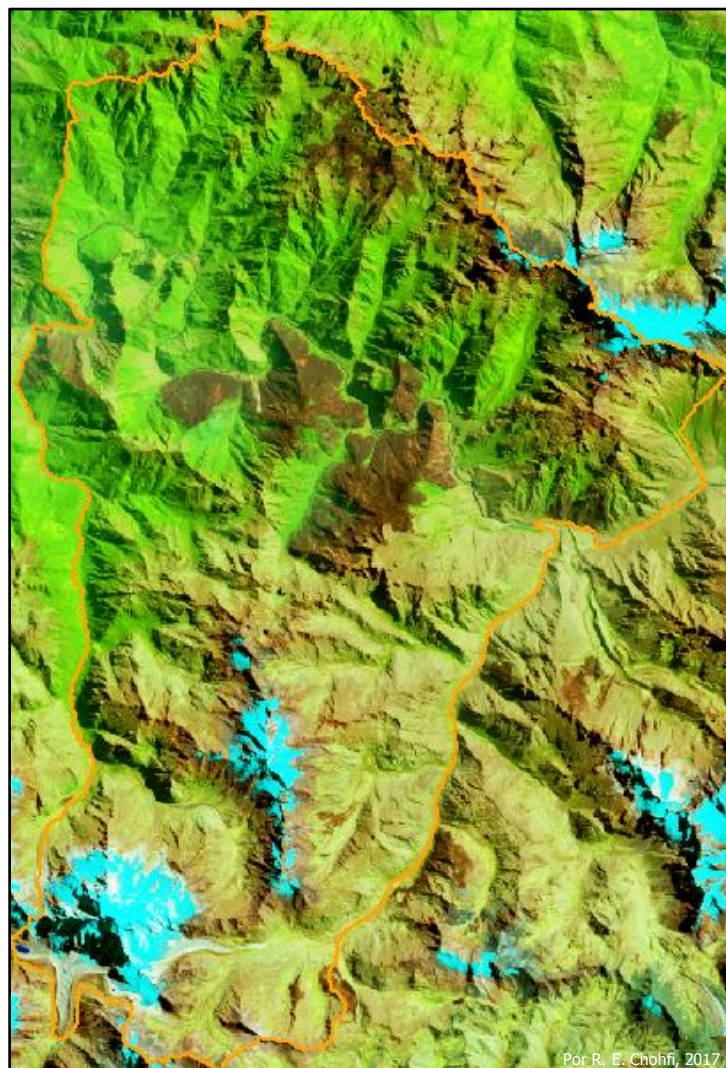


Fig. 2: Áreas queimadas por incêndios florestais ocorridos no PANM em 1988. (a) Esquerda: Imagem Landsat 5 (RGB-B543) de 25/06/1988 com sobreposição dos limites do PANM (polígono laranja). (b) Direita: Mapeamento das áreas queimadas (baseado em Chohfi, 1989).

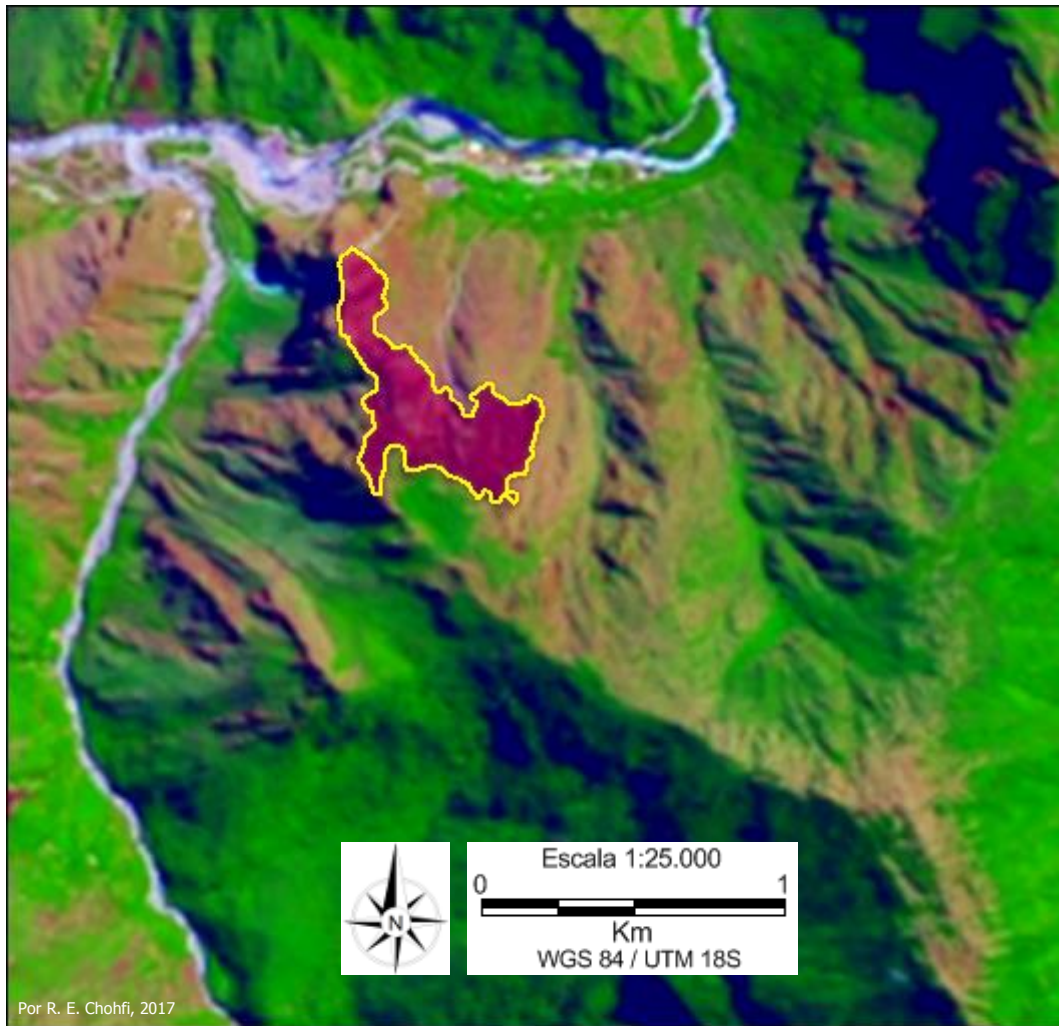


Fig. 3: Polígono em amarelo mostra a área queimada pelo incêndio florestal de 2013 cobrindo uma área de 21,85 Ha e perímetro de 3,43 Km.

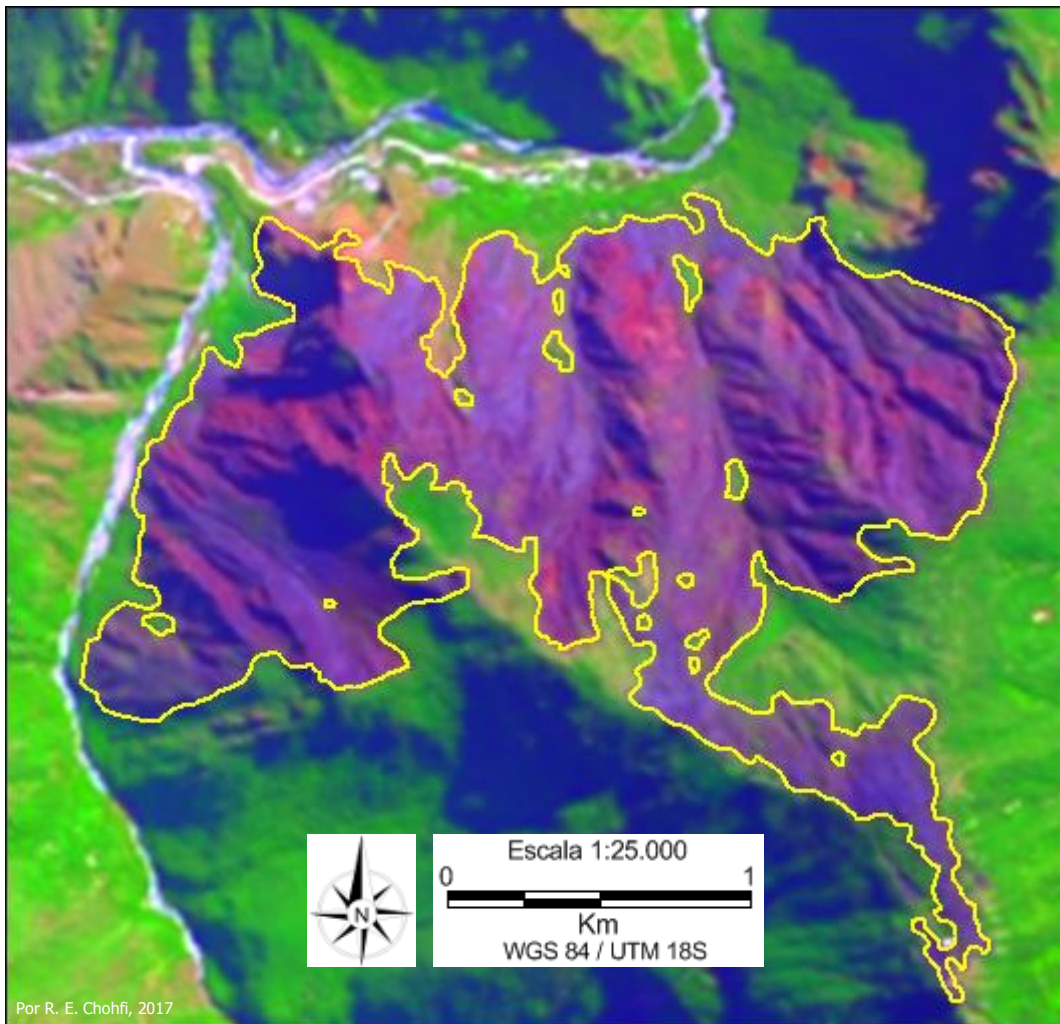


Fig. 4: Polígono em amarelo mostra a área queimada pelo incêndio florestal de 21 a 24 de julho de 2017 cobrindo uma área de 347,31 Ha e perímetro de 22,26 Km.

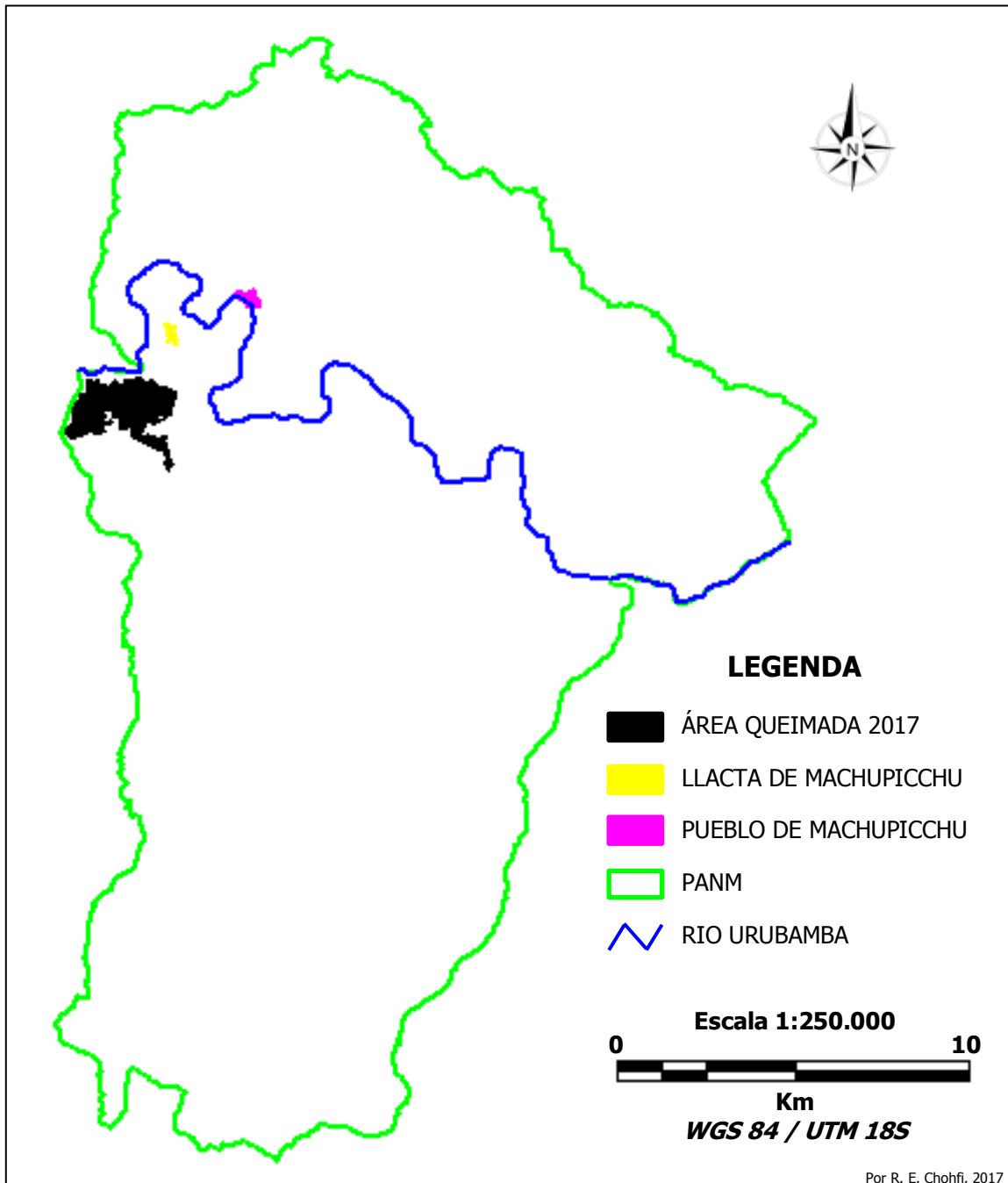


Fig. 5: Área queimada pelo incêndio florestal que ocorreu entre 20 a 24 de julho de 2017 no Parque Arqueológico Nacional de Machupicchu (PANM).



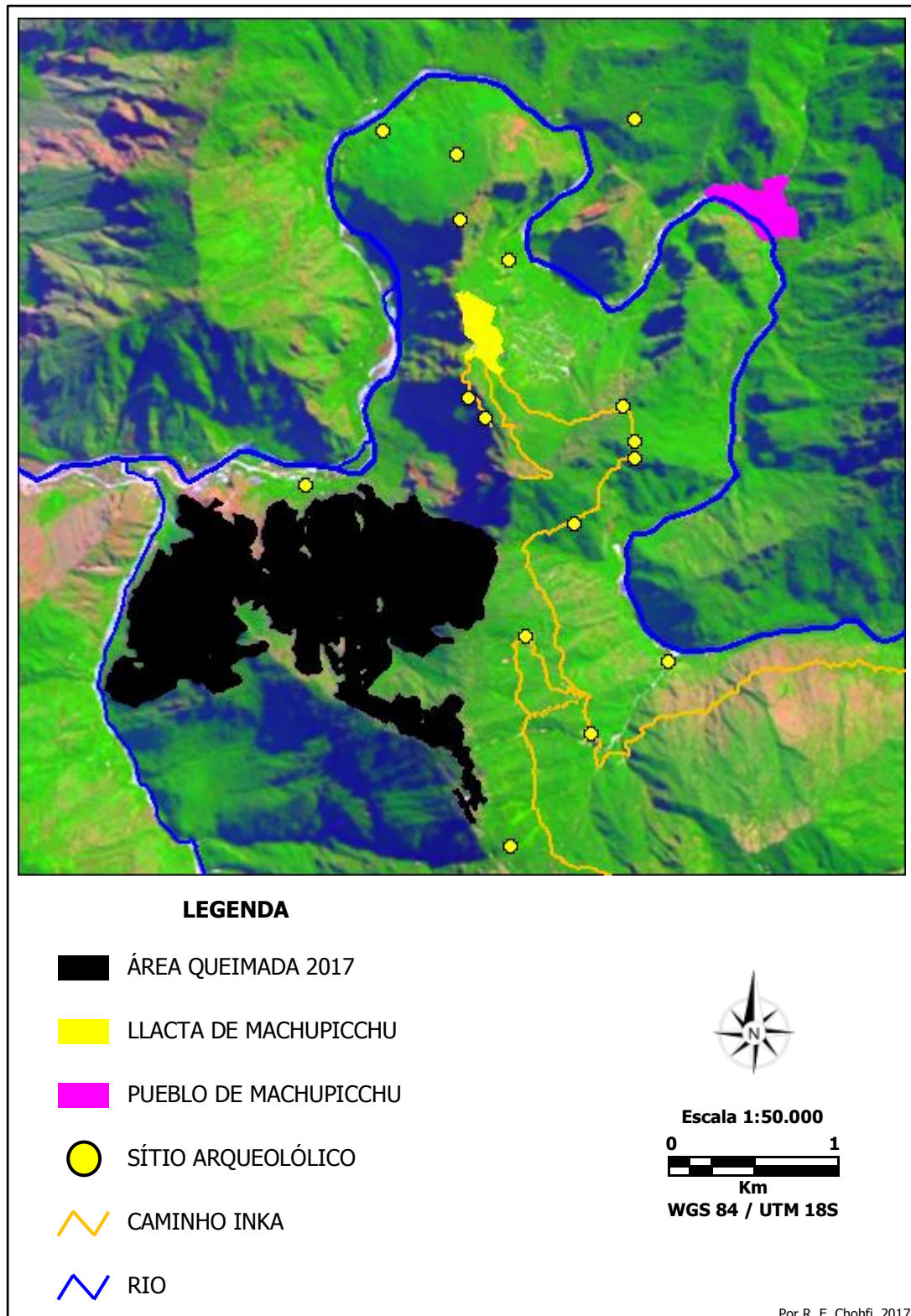


Fig. 6: Sobreposição da área queimada em 2017, principais sítios arqueológicos e caminhos Inka em imagem Landsat 8.

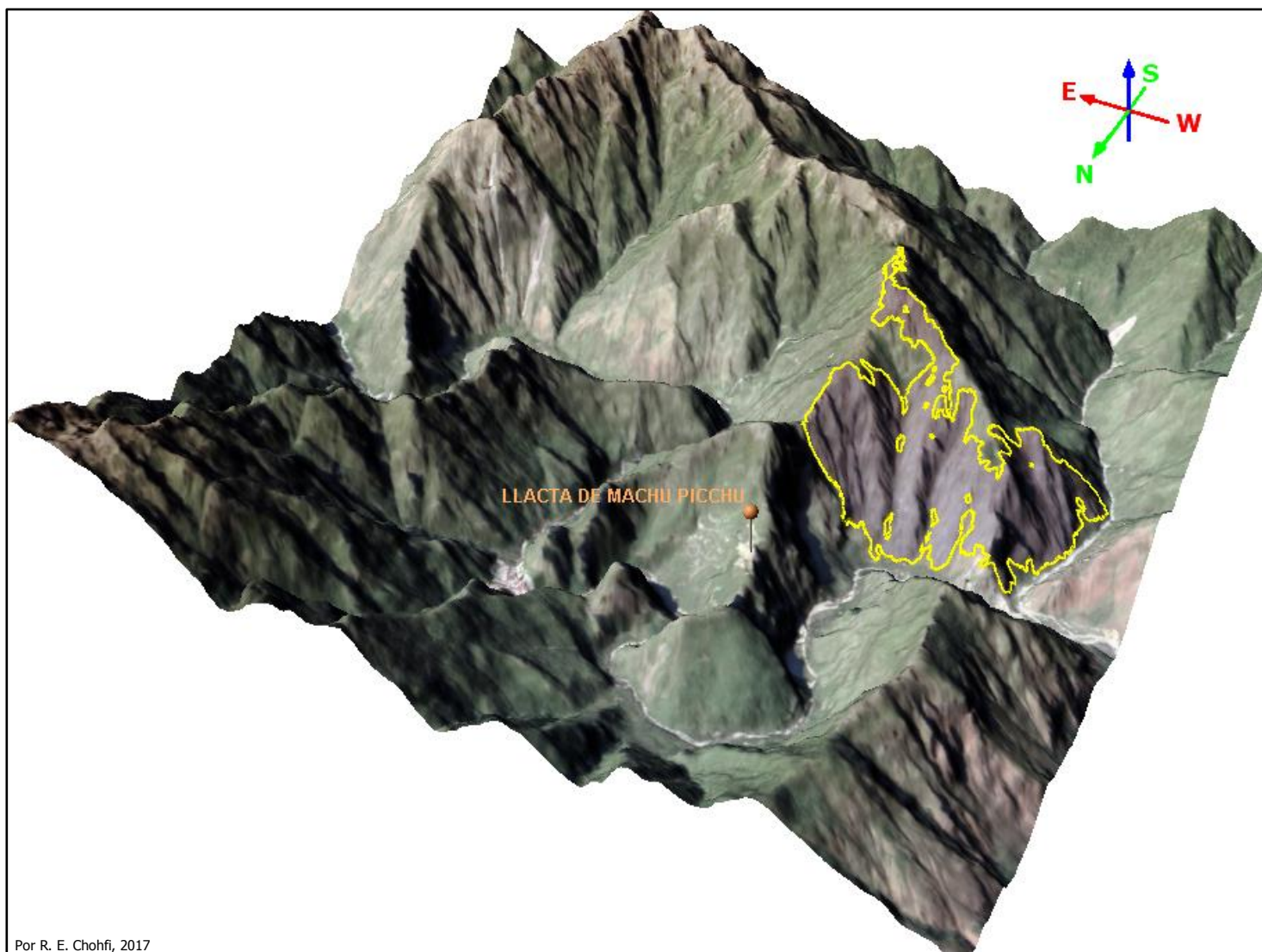


Fig. 7: Sobreposição do polígono da área queimada em 2017 (em amarelo) e imagem do satélite Landsat 8 em modelo digital de terreno.

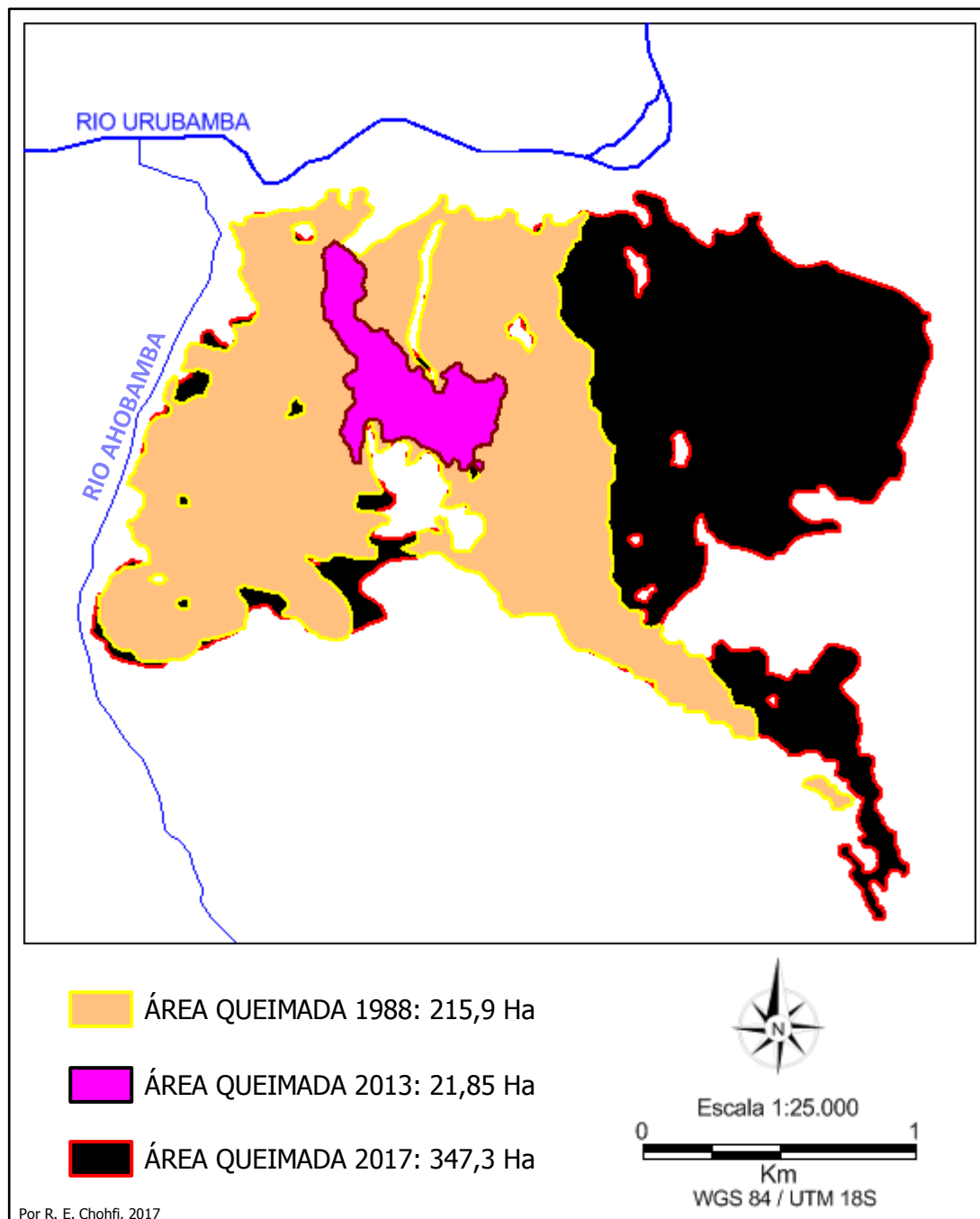
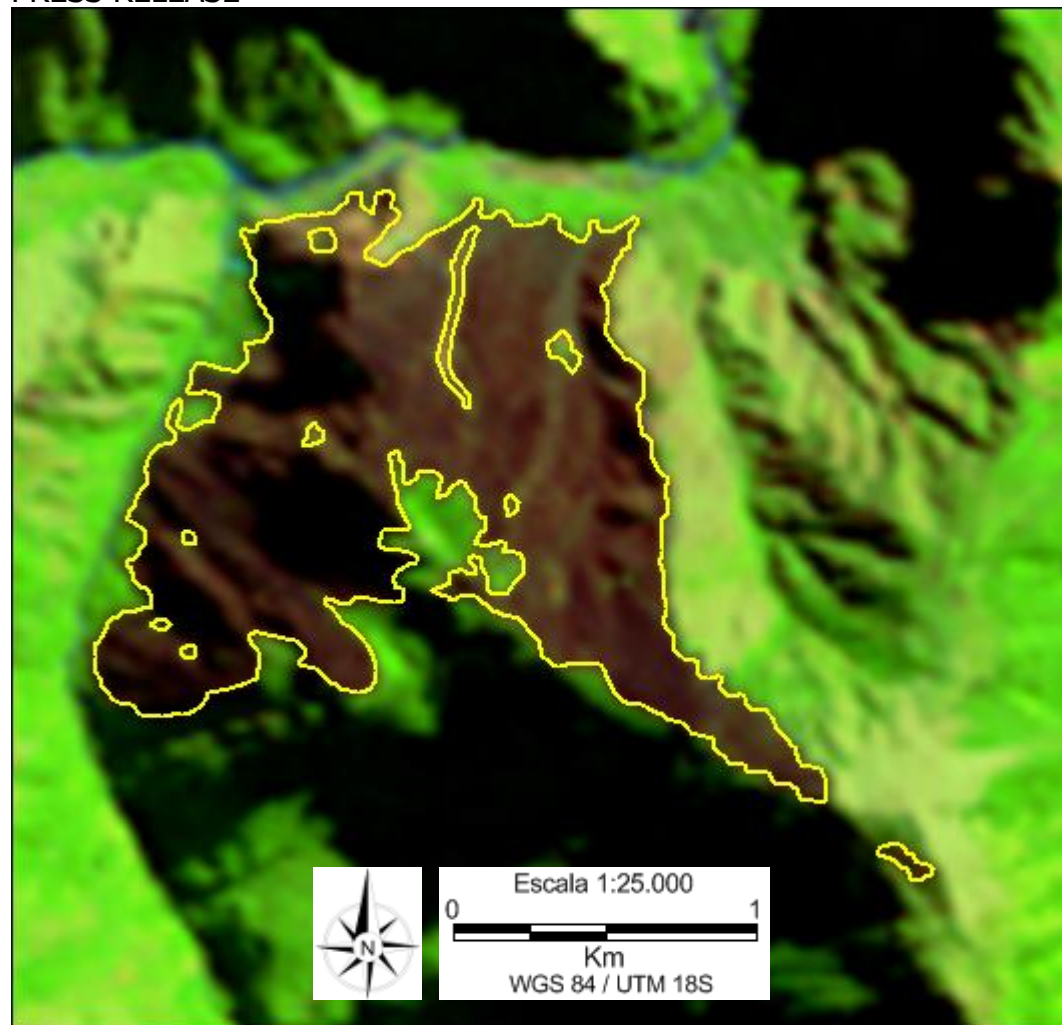
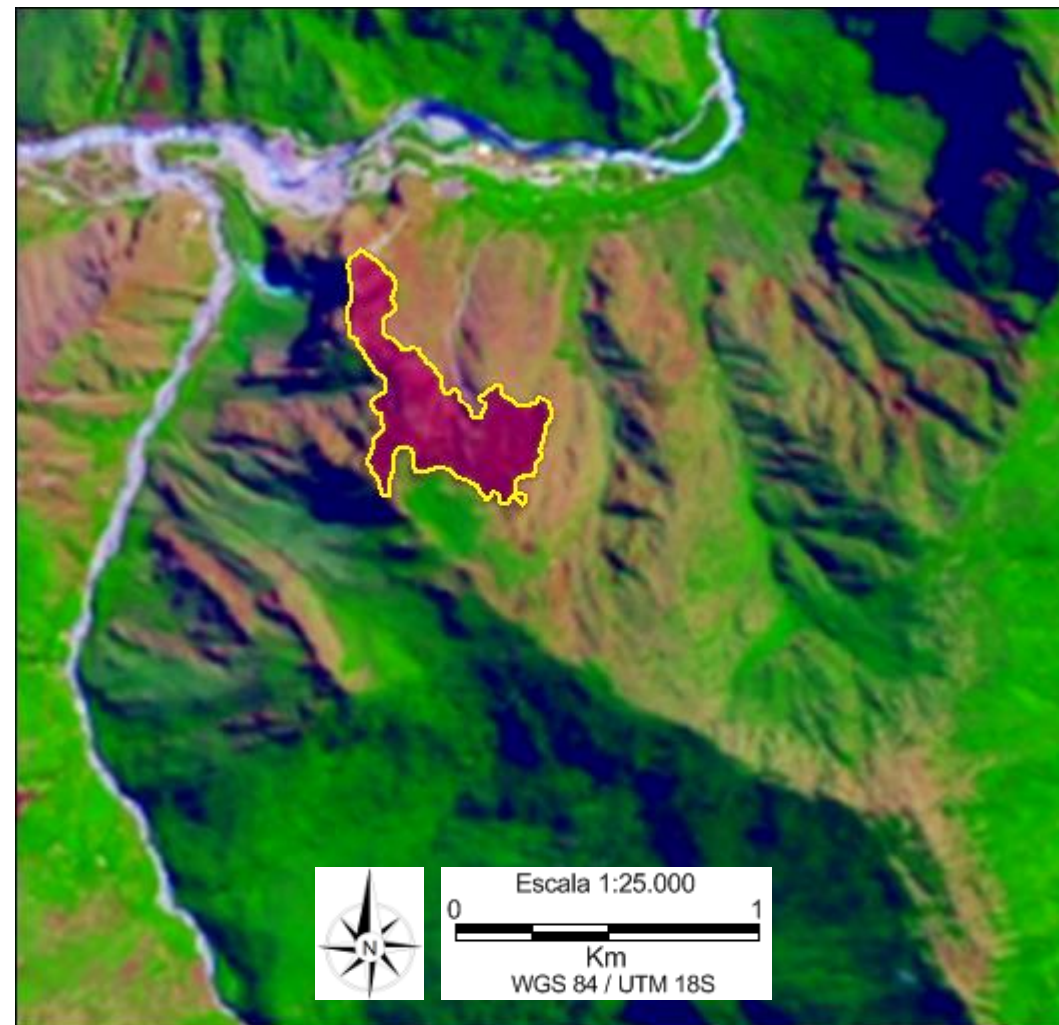


Fig. 8: Sobreposição dos polígonos das áreas queimadas por incêndios florestais ocorridos nas proximidades das Ruínas de Machupicchu em 1988, 2013 e 2017.



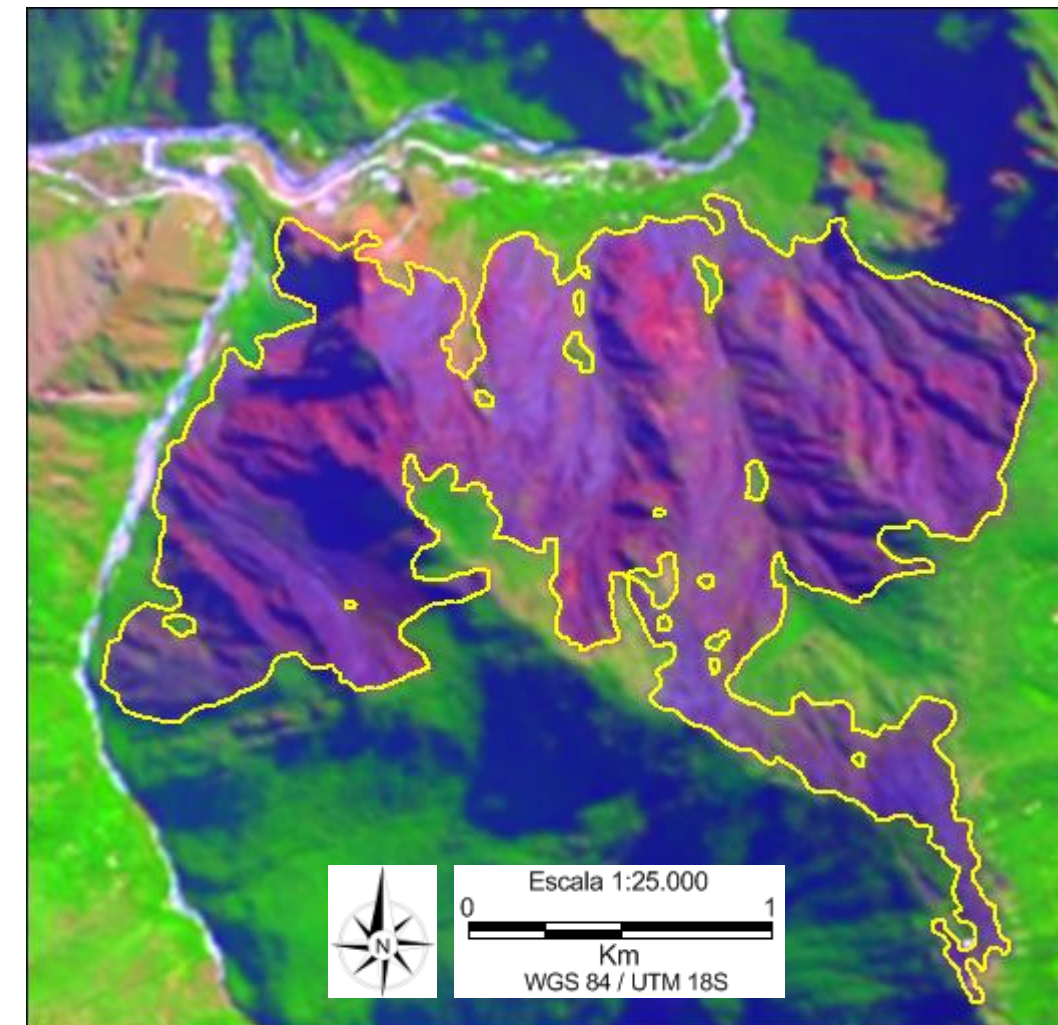
**Incêndio Florestal 1988**

- Área queimada: 215,9 Ha
- Perímetro: 16,29 Km



**Incêndio Florestal 2013**

- Área queimada: 21,85 Ha
- Perímetro: 3,43 Km



**Incêndio Florestal 2017**

- Área queimada: 347,3 Ha
- Perímetro: 22,26 Km

Fig. 9: Polígonos das áreas queimadas por incêndios florestais nas proximidades das ruínas de Machupicchu em 1988, 2013 e 2017 sobrepostos em imagens do satélite Landsat 5 de 22/06/1988 e do Landsat 8 de 30/08/2013 e 24/07/2017.

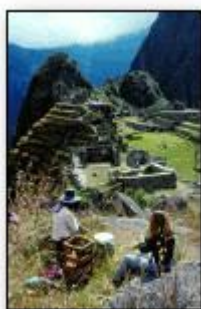
**Sobre a Reinaldo Escada Chohfi:** O Dr. Reinaldo Escada Chohfi estudou geografia de ecossistemas, arqueologia e arquitetura e urbanismo na Universidade da Califórnia, Los Angeles (UCLA), onde realizou estudos de graduação e pós-graduação. Ele tem mais de 50 publicações em periódicos acadêmicos, revistas e jornais, e participou de 66 conferências e eventos acadêmicos e técnicos.

Em Machupicchu, o Dr. Reinaldo Escada Chohfi realizou trabalhos sobre arquitetura solar, medição de energia solar, climatologia, arqueologia, mapeamento e exploração arqueológica em 1978, 1980, 1983, 1986 e 1987.

Uma das importantes realizações do Dr. Reinaldo Escada Chohfi foi a teoria "Machupicchu: Cidade Solar dos Incas". Durante a comprovação da hipótese que resultou nesta teoria foram realizadas campanhas de medição de irradiância solar em Machupicchu durante distintos períodos em 1978, 1980 e 1983, assim como modelagem numérica computacional. Os resultados desta pesquisa foram apresentados e publicados em anais de conferências da *American Solar Energy Society (ASES)* nos EUA.

Medições de irradiância solar realizadas pelo Dr. Chohfi em Machupicchu, Peru

*\*Clique na imagem para ampliar.*



**1978**



**1980**



**1983**

Publicações sobre "Machupicchu: Cidade Solar dos Incas"

*\*Clique na imagem ler o material em PDF.*



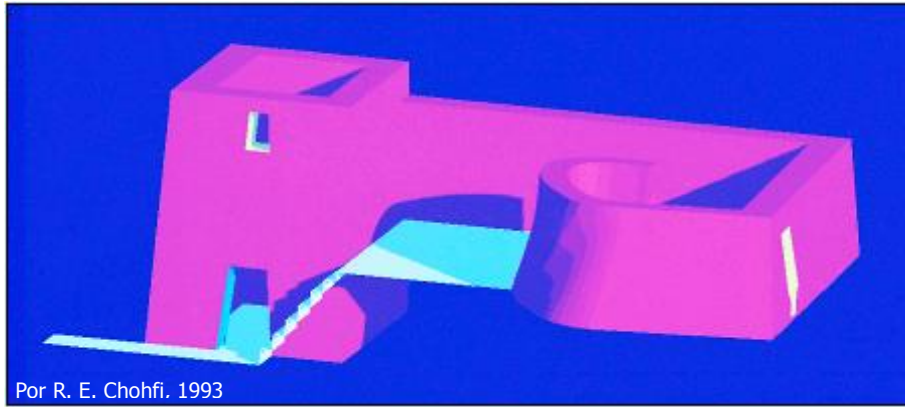
**1980**



**1987**



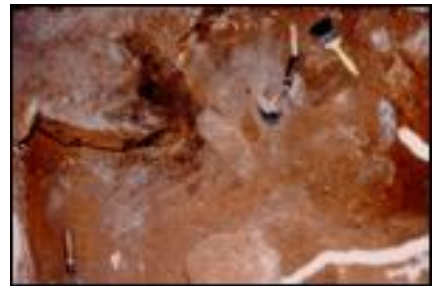
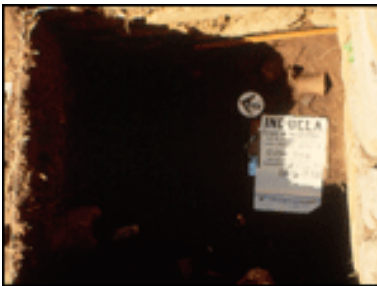
**1988**



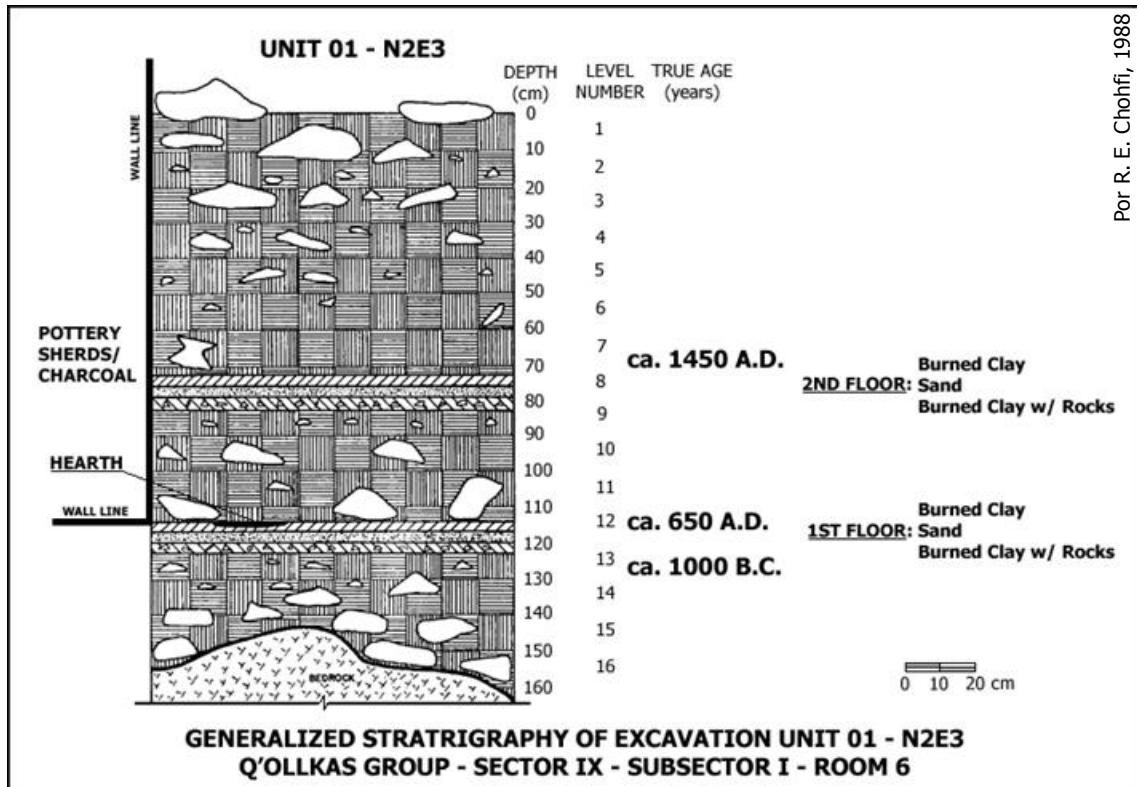
Por R. E. Chohfi, 1993

Maquete eletrônica da edificação El Torreón de Machu Picchu. El Torreón é a única edificação de Machu Picchu com janelas que poderiam ser utilizadas para observação dos Solstícios de Inverno e Verão. Maquete eletrônica e simulação solar por Reinaldo Escada Chohfi, 1993.

Outra importante realização do Dr. Chohfi foi a primeira datação radiocarbônica das ruínas de Machupicchu, conforme ilustrado abaixo. [Clique aqui](#) para ler sobre a datação radiocarbônica de Machupicchu.



Fotos de R. E. Chohfi, 1983



Por R. E. Chohfi, 1988

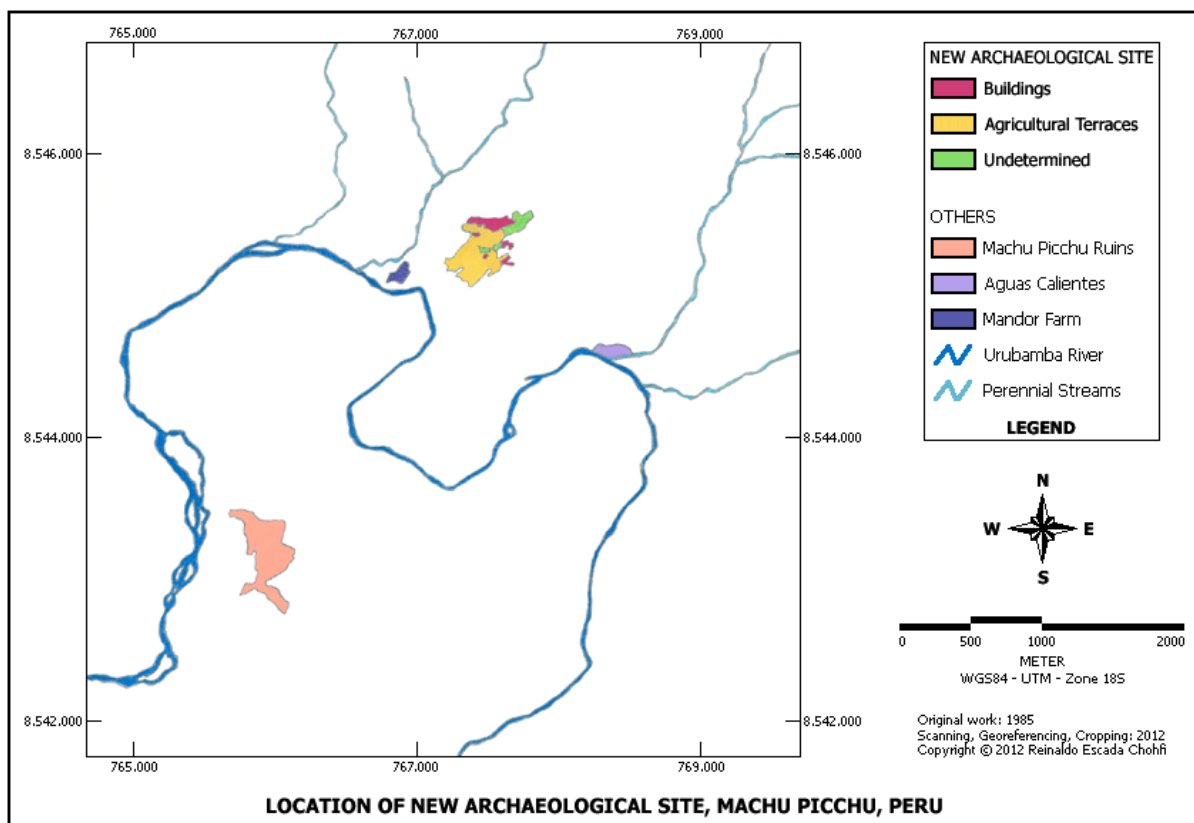
## PRESS RELEASE

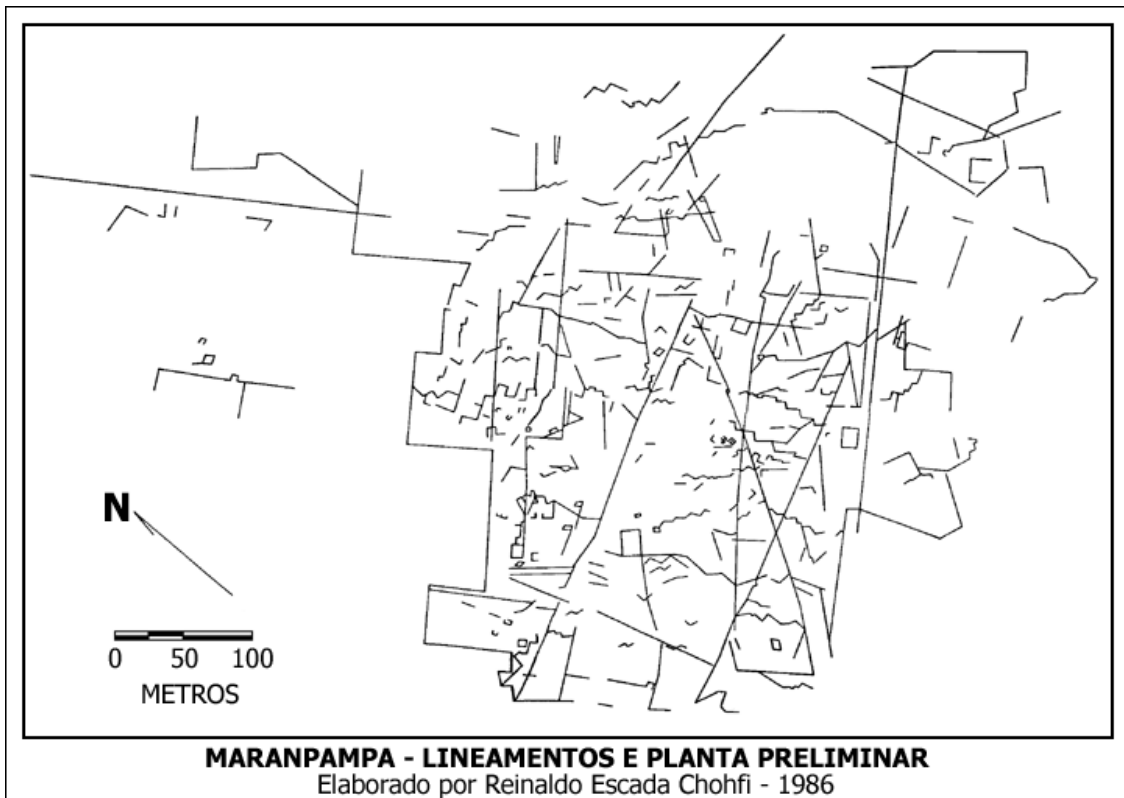
Já no dia 13 de setembro de 1986 o Dr. Chohfi realizou levantamento de campo para comprovar que feições lineares que ele havia detectado em fotografias aéreas cobrindo a região das ruínas de Machupicchu eram realmente restos de estruturas de um grande assentamento pré-hispânico abaixo de densa vegetação. Foram encontradas as seguintes feições arqueológicas durante esta exploração de campo:

- Vários morteiros
- Pedacos de cerâmica
- Estruturas de edificações de planta retangular, algumas medindo 2,80 x 4,0 metros
- Estruturas de edificações semicirculares
- Estruturas de terraços agrícolas.

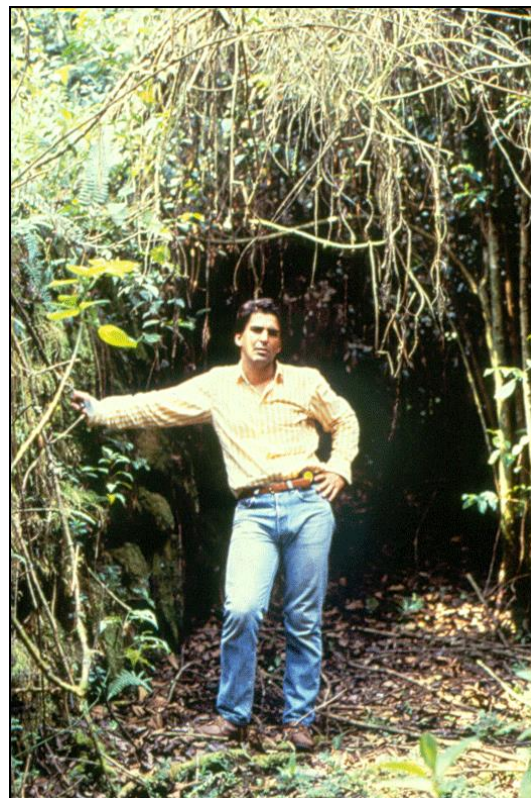
Mais importante, o Dr. Reinaldo Escada Chohfi encontrou uma grande estrutura arquitetônica linear com mais de 3 metros de altura e largura variando de 2,5 a 3,5 metros que se estende por 800 metros em toda a volta deste assentamento pré-hispânico, como uma muralha de proteção. A muralha se estende por aproximadamente 600 metros no sentido nordeste (NE). Esta foi a maior estrutura arquitetônica pré-hispânica encontrada na região de Machupicchu até o momento.

Esta foi a sua descoberta das ruínas e muralha de Mandor, ou Maran panpa, considerada Monumento Arqueológico da Zona Histórica Cultural 6 (ZHC: 6) pela Direção Descentralizada de Cultura de Cusco (DDCC) do Ministério de Cultura do Peru. [Clique aqui](#) para ver as publicações sobre a descoberta deste importante sítio arqueológico localizado nas imediações de Machupicchu.





Feições arqueológicas descobertas nas ruínas de Mandor, ou Maranpanpa, em 13/09/1986. Fotos de Dr. Chohfi.



O Dr. Reinaldo Escada Chohfi ao lado da Muralha Mandor por ele descoberta em 13/09/1986. Foto de arqueólogo Octávio Fernandez Carrasco.



## PRESS RELEASE

No Brasil, o Dr. Chohfi recebeu o seguinte diploma e certificados:

- 1973 **Técnico em Mecânica** (Máquinas e Motores), Colégio Técnico Industrial de Guaratinguetá (**CTIG/UNESP**).
- 2012 **Etiquetagem da Eficiência Energética de Edificações (EtiqEEE) - Procel Edifica - RTQ-C**, Laboratório de Conforto Ambiental (LABCON), Universidade Federal de Santa Catarina (**UFSC**), Florianópolis, SC.
- 2014 **Consultor em Eficiência Energética em Edificações Residenciais - Procel Edifica - RTQ-R**, Laboratório de Conforto e Eficiência Energética (LABCEE), Universidade Federal de Pelotas (**UFPEL**), Pelotas, RS.

Ele mantém afiliações com:

- Associação Brasileira de Energia Solar (ABENS - Membro Nº: 0379)
- Internacional Solar Energy Society (ISES - Membro Nº: 1110679)
- International Association for Urban Climate (IAUC)
- PV Performance Modeling Collaborative (PVPMC)

[Clique aqui](#) para ver imagens, documentos e publicações sobre esses e outros trabalhos de pesquisa desenvolvidos e publicados pelo Dr. Chohfi.

**Sobre a GeoDesign Internacional ([www.geodesign.com.br](http://www.geodesign.com.br)):** A GeoDesign Equipamentos e Projetos Ltda. (GeoDesign Internacional) foi fundada em 1997. A GeoDesign está sediada em Lorena, no estado de São Paulo. A GeoDesign oferece inteligência e tecnologia geoespacial e solar de última geração. A empresa atua na área geoespacial e energia solar sob a óptica de desenvolvimento sustentável, contando com pessoal, software e equipamentos especializados para tais fins.